

PROPUESTA PARA LA SUSTITUCIÓN DE INSUMOS EN LA OBTENCIÓN DEL
BIOFUNGICIDA “ANTÍGONIC”, DEJANDO COMO INGREDIENTE ACTIVO
Trichoderma harzianum PARA LA EMPRESA GESTORES DEL CAMPO S.A.S

LAURA JULIANA MURILLO MARIN
LAURA NATALIA ROJAS QUIROGA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2020

PROPUESTA PARA LA SUSTITUCIÓN DE INSUMOS EN LA OBTENCIÓN DEL
BIOFUNGICIDA “ANTÍGONIC”, DEJANDO COMO INGREDIENTE ACTIVO
Trichoderma harzianum PARA LA EMPRESA GESTORES DEL CAMPO S.A.S

LAURA JULIANA MURILLO MARIN
LAURA NATALIA ROJAS QUIROGA

Proyecto integral de grado para optar por el título de:
INGENIERO QUÍMICA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2020

Nota de aceptación:

Bogotá D.C., agosto de 2020

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD AMÉRICA

Presidente de la universidad y Rector del claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectoría Académica y de Investigaciones

Dra. MARIA CLAUDIA APONTE GONZALEZ

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretaria General

Dra. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN

Decano General de la Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI

Director del Programa de Ingeniería Química

Ing. IVAN RAMIREZ MARÍN

Las directivas de la Fundación Universidad de América y el cuerpo docente no son responsables por los criterios evaluados e ideas expuestas en el presente documento ya que estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Primeramente, el desarrollo de este trabajo de grado y el título como ingeniera química, va dedicado a mi familia, en especial a mi mamá que ha sido la persona que ha estado a mi lado como apoyo incondicional a lo largo de mi vida académica, recordándome de lo que soy capaz, no dudando bajo ninguna circunstancia de mí, luchando día a día para verme llegar lejos y es quien ha permitido que todo esto sea posible. A Dios por darme la paciencia y sabiduría necesaria para lograr cada reto propuesto de la mejor manera.

Laura Juliana Murillo Marín

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi familia, a cada uno de ellos que supieron tener las palabras adecuadas en los momentos de incertidumbre, gracias por ser parte esencial de este camino y por enseñarme la grandeza de hacer las cosas con amor, los amo. Agradezco a Dios por sembrarme la paciencia y la gratitud, este trabajo de grado representa la máxima expresión de aceptar las circunstancias y saber que los tiempos son perfectos.

Laura Natalia Rojas Quiroga

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente le doy gracias a Dios por permitirnos llegar hasta aquí y darnos la paciencia y sabiduría necesaria para afrontar todos los retos a lo largo de la carrera, le agradezco a mi mamá Evelia Murillo por aconsejarme y apoyarme desde el primer día, orientándome a hacer siempre las cosas con esmero y dedicación, a mi novio Esteban Capera y su familia por estar presente en cada momento del desarrollo de este trabajo, por alentarme a continuar cuando surgía algún imprevisto, apoyarme y recordarme que todo debe hacerse con amor. Le agradezco a la profesora Diana Morales, por orientarnos a mi compañera y a mí durante todo el proceso, gracias a mi colega Natalia Rojas por la dedicación puesta en el desarrollo del trabajo de grado y a lo largo de toda la carrera, y finalmente, gracias a Alejandra Duarte, a Adriana Hoyos y Angélica Mancera por ser las mejores compañeras, por llenarnos de buenas energías, por la lealtad y amistad forjada.

Laura Juliana Murillo Marín.

Mis agradecimientos principales son para Dios y mi familia, gracias Ingrid, Pedro, Fabián, Juliana y Magda por creer y recordarme siempre la grandeza que hay en mí. Para la empresa Gestores del Campo S.A.S en cabeza de Hugo Viancha quien deposito su confianza y tiempo en este trabajo. Le agradezco a la profesora Diana Morales ya que sin ella la ejecución de este proyecto no hubiera sido posible. Gracias a la Universidad de América por brindarme una trayectoria académica tan completa y enriquecedora, estos años de aprendizaje estuvieron llenos de éxitos y alegrías, al culminar esta etapa también debo agradecer a amigos que hicieron de mi proceso como Ingeniera Química uno más completo, gracias a Alejandra Duarte por tus infinitos conocimientos desinteresados, estas destinada para cosas grandes. A Erika Fajardo por ser una excelente compañera de trabajo, Angélica Mancera por tener palabras adecuadas, a Juliana Murillo por llevar este trabajo hasta el final y finalmente a Adriana Hoyos por ser la mejor socia de trabajo y la amiga más leal.

Laura Natalia Rojas Quiroga.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	23
1. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA ANTÍGONIC	26
1.1 GESTORES DEL CAMPO S.A.S.	26
1.2 BIOFUNGICIDA	26
1.2.1 Características de un biofungicida.	27
1.2.2 Fabricación de un biofungicida.	27
1.2.2.1 Fermentación líquida o sumergida.	28
1.2.2.2 Fermentación sólida.	29
1.2.2.3 Fermentación bifásica.	30
1.2.3 Usos del biofungicida en la agroindustria.	32
1.2.4 Horticultura.	32
1.2.4.1 Fruticultura.	33
1.2.5 Producción, importación y exportación de bioinsumos en Colombia.	33
1.2.6 Impacto ambiental de fungicidas químicos.	38
1.2.7 Ventajas de los biofungicidas.	40
1.2.8 Actualidad mundial de los biofungicidas.	41
1.3 <i>Trichoderma harzianum</i> Y SUS CARACTERÍSTICAS	43
1.4 ELABORACIÓN DEL BIOFUNGICIDA ANTIGONIC	45
1.4.1 Aplicación del biofungicida Antigonic.	47
1.5 CARACTERIZACIÓN DE ACEITES VEGETALES	49
1.5.1 Aceite de soya.	49
1.5.2 Características Físicoquímicas.	50
1.5.2.1 Extracción del aceite de soya.	51
1.5.3 Aceite de palma.	51
1.5.3.1 Extracción de aceite vegetal.	52
1.5.3.2 Propiedades nutricionales del aceite de palma.	52
1.5.3.3 Producción de aceite de palma en Colombia.	53
1.5.4 Aceite de girasol.	54
1.5.5 Proceso de extracción para el aceite de girasol.	54
1.5.5.1 Propiedades nutricionales del aceite de girasol.	54
1.5.5.2 Producción de aceite de girasol en Colombia.	55
2. SELECCIÓN DE INSUMOS SUTITUTOS	57
2.1 MÉTODOS PARA LA CONSERVACIÓN DE HONGOS FILAMENTOSOS	57
2.1.1 Métodos de conservación a largo plazo.	58
2.1.1.1 Liofilización.	58
2.1.1.2 Criocongelación..	58
2.1.2 Métodos de conservación a corto plazo.	59
2.1.2.1 Cultivo seriado.	59
2.1.2.2 Conservación por suspensión en agua destilada.	60
2.1.2.3 Conservación con aceite mineral.	60

2.1.3 Otros métodos.	61
2.1.3.1 Conservación en suelo.	61
2.2 MANTENIMIENTO Y VIABILIDAD DE HONGOS	61
2.3 FORMULACIÓN DEL <i>Trichoderma harzianum</i>	61
2.3.1 Temperatura y humedad relativa.	62
2.3.2 Biodegradabilidad.	62
2.4 ACEITES USADOS EN EL SECTOR AGRÍCOLA	62
2.4.1 Aceite mineral.	63
2.4.1.1 Desventajas.	64
2.4.1.2 Viabilidad.	64
2.4.1.3 Pureza.	64
2.4.1.4 Eficiencia biológica.	64
2.4.1.5 Tasa de productividad.	65
2.4.1.6 Aceite esencial de orégano (<i>Origanum vulgare</i>).	66
2.4.1.7 Aceite esencial de naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i>).	68
2.4.1.8 Aceite esencial de Hoja de menta (<i>Mentha piperita</i>).	75
2.5 EFICIENCIA DE LOS ACEITES EN EL SECTOR AGRÍCOLA	81
2.6 TIEMPO DE VIDA ÚTIL SEGÚN EL TIPO DE ACEITE EMPLEADO	83
2.6.1 Potencial de vida útil del aceite mineral.	83
2.6.2 Potencial de vida útil del aceite esencial de orégano.	86
2.6.3 Potencial de vida útil del aceite esencial de menta y tomillo.	87
3. ANALISIS DE COSTOS	89
3.1 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL ACEITE MINERAL.	89
3.1.1 Potencial de uso global.	89
3.1.2 Exportación e importación de aceites minerales en Colombia.	90
3.1.3 Aceites minerales agrícolas industriales comercializados.	92
3.1.3.1 Aceite agrícola Cosmo-OIL empresa TRIADA E.M.A.S.A.	92
3.1.3.2 Aceite mineral agrícola de la empresa Syngenta.	93
3.1.3.3 Aceite mineral parafínico NIMBUS empresa Syngenta.	94
3.2 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO.	94
3.2.1 Potencia de uso global del aceite de orégano.	95
3.2.2 Aceite esencial de orégano Industrial comercializado.	96
3.2.2.1 Aceite esencial de orégano (<i>Origanum Vulgare</i>) empresa doTERRA.	96
3.2.2.2 Aceite esencial de orégano de la empresa Sorégano.	96
3.2.2.3 Aceite esencial de orégano de Kräuter Tec.	97
3.3 ANÁLISIS ECONÓMICO PARA ACEITE ESENCIAL DE MENTA (<i>Mentha piperita</i>)	97
3.3.1 Potencia de uso global del aceite esencial de menta (<i>Mentha piperita</i>).	98
3.3.2 Aceite esencial de menta en Puro y Orgánico.	98
3.3.3 Aceite esencial de menta en doTERRA.	99
3.3.3.1 Aceite esencial de menta de Kräuter Tec.	99
3.4 ECONOMÍA DE ACEITES ESENCIALES EN COLOMBIA	99
3.5 ALEACIÓN UTILIZADA ACTUALMENTE	103
3.5.1 Aceite vegetal de palma.	105

3.5.2 Aceite vegetal de Soya.	107
3.5.2.1 Comercio global del aceite de soya.	107
3.5.3 Aceite de girasol.	109
4. CONCLUSIONES	114
5. RECOMENDACIONES	116
BIBLIOGRAFÍA	117

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Producción de esporas por parte del <i>Trichoderma spp</i>	30
Tabla 2. Ventajas y desventajas entre fermentación sólida y líquida	31
Tabla 3. Bioinsumos registrados en el ICA para el año 2019, tipo y presentación.	34
Tabla 4. Producción de bioinsumo por tipo de acción para el año 2016.	34
Tabla 5. Importación de bioinsumos para el año 2016.	36
Tabla 6. Principales características de los sistemas de producción de la fresa	39
Tabla 7. Características óptimas de crecimiento para el <i>Trichoderma harzianum</i>	44
Tabla 8. Clasificación taxonómica del <i>Trichoderma harzianum</i>	44
Tabla 9. Funciones de cada materia prima dentro de la formulación de Antígonic	46
Tabla 10. Costos y cantidades de insumos para la producción de Antígonic	48
Tabla 11. Distribución de ácidos grasos poliinsaturados esenciales del aceite de soya	50
Tabla 12. Perfil de ácidos grasos para el aceite de soya	50
Tabla 13. Composición nutricional del aceite de Palma	52
Tabla 14. Valor nutricional por cada 10mL de aceite de girasol	54
Tabla 15. Producción anual para el aceite de girasol en Colombia	55
Tabla 16. Actividad antifúngica del tratamiento del aceite esencial de orégano (<i>Origanum vulgare</i>) y su comportamiento alrededor de los 12 días evaluados sobre el hongo de postcosecha en ají paprika: <i>Fusarium solani</i>	67
Tabla 17. Porcentaje de germinación de la planta <i>Zea mays everta</i> en suelos contaminados con diferentes concentraciones de petróleo.	71
Tabla 18. Porcentajes de aceites y grasas para 3 muestras en proceso de remediación con 3 disoluciones con diferentes concentraciones de extracto.	72
Tabla 19. Porcentaje de germinación de la planta <i>Zea mays everta</i> en suelos remediados a diferentes concentraciones de extracto de <i>Citrus sinensis</i>	72
Tabla 20. Efecto del aceite de cáscara de naranja sobre el hongo antagonista <i>Trichoderma harzianum</i> .	73
Tabla 21. Metodología para la aplicación del aceite en el inóculo.	76
Tabla 22. Crecimiento de <i>P. infestans</i> bajo los tratamientos M1, M2 y testigo.	77
Tabla 23. Crecimiento de <i>P. infestans</i> bajo los tratamientos M3, M4, M5 y testigo	78
Tabla 24. Hhongos filamentosos y levaduriformes preservados en agua estéril y aceite mineral en diferentes periodos de tiempo.	84
Tabla 25. Importación de combustibles minerales, aceites minerales y productos de su destilación; materias bituminosas y ceras minerales del 2016 hasta el 2020 expresado en FOB USD.	90
Tabla 26. Exportación de combustibles minerales, aceites minerales y productos de su destilación; materias bituminosas y ceras minerales del 2015 hasta el 2019 expresado en FOB USD.	91
Tabla 27. Mercado latinoamericano para el orégano. Importaciones año 2009.	95

Tabla 28. Importación de aceites esenciales y resinoides; preparación de perfumería, de tocador o de cosmética del 2016 hasta el 2020 expresado en FOB USD.	100
Tabla 29. Exportación de aceites esenciales y resinoides; preparación de perfumería, de tocador o de cosmética del 2015 hasta el 2019 expresado en FOB USD.	102
Tabla 30. Rendimiento obtenido de los principales aceites agrícolas.	105
Tabla 31. Precios del aceite de palma en pesos colombianos por tonelada métrica entre los periodos de julio de 2019 y junio de 2020.	105
Tabla 32. Precios del aceite de soya en pesos colombianos por tonelada métrica entre los periodos de julio de 2019 y junio de 2020.	107
Tabla 33. Precios del aceite de girasol en dólares americanos por tonelada métrica entre los periodos julio de 2019 y junio 2020.	109
Tabla 34. Comparación de precios entre los aceites vegetales usados por Gestores del Campo S.A.S y posibles sustitutos.	111
Tabla 35. Ventajas y desventajas de los aceites utilizados actualmente en la producción de Antígonic y los sustitutos propuestos.	111

LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1. Producción de bioinsumos por tipo de acción en kilogramos para el año 2016.	35
Gráfico 2. Producción de bioinsumos por tipo de acción en litros para el año 2016.	36
Gráfico 3. Impostación de producto terminado de bioinsumos en kilogramos para el año 2016.	37
Gráfico 4. Importación de producto terminado de bioinsumos en litros para el año 2016	37
Gráfico 5. Actividad antifúngica del tratamiento del aceite esencial de orégano (<i>Origanum vulgare</i>) sobre el hongo <i>Fusarium solani</i>	68
Gráfico 6. Efecto del aceite de cáscara de naranja sobre el hongo antagonista <i>Trichoderma harzianum</i> .	74
Gráfico 7. Crecimiento de <i>P. infestans</i> bajo los tratamientos M1, M2 y testigo.	78
Gráfico 8. Crecimiento de <i>P. infestans</i> bajo los tratamientos M3, M4, M5 y testigo	79
Gráfico 9. Importación de aceites esenciales y resinoides; preparación de perfumería, de tocador o de cosmética del 2016 hasta el 2020 expresado en FOB USD.	101
Gráfico 10. Exportación de aceites esenciales y resinoides; preparación de perfumería, de tocador o de cosmética del 2016 hasta el 2020 expresado en FOB USD.	103
Gráfico 11. Precios del aceite de palma en pesos colombianos por tonelada métrica entre los periodos de julio de 2019 y junio de 2020.	106
Gráfico 12. Precios del aceite de soya en pesos colombianos por tonelada métrica entre los periodos de julio de 2019 y junio de 2020.	108
Gráfico 13. Precios del aceite de girasol en dólares americanos por tonelada métrica entre los periodos julio de 2019 y junio 2020.	110

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Contribuciones de cada fase para los impactos ambientales seleccionados en diferentes sistemas de producción para un cultivo de fresa	40
Imagen 2. Diagrama de bloques estimado para el proceso productivo del biofungicida Antígonic por parte de la empresa Gestores del Campo S.A.S	49
Imagen 3. Porcentaje de producción para diferentes tipos de aceites en Colombia	53
Imagen 4. Crecimiento de 4 cepas de <i>Trichoderma</i> en presencia de 3 aceites esenciales.	70
Imagen 5. Evaluación en la inhibición de crecimiento de <i>P. infestans</i> en presencia de 9 aceites esenciales por efecto volátil	80
Imagen 6. Comparación del crecimiento de <i>P. infestans</i> en presencia de agua y aceite esencial de <i>T. Vulgaris</i>	81
Imagen 7. Porcentajes de exportación de aceites esenciales por América Latina y el Caribe	98
Imagen 8. Distribución de la producción aceites y grasas vegetales y animales.	104

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Cálculo de la eficiencia biológica	65
Ecuación 2. Cálculo de la tasa de productividad	65
Ecuación 3. Cálculo para el porcentaje de inhibición del crecimiento radial	69

ABREVIATURAS

AA: acidificación.

ALC: aire libre con suelo convencional.

CE: comunidad europea.

EB: eficiencia biológica.

EC: ecotoxicidad.

EU: eutrofización.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura.

FC: fuente de carbono

FDA: Food and Drug Administration.

FN: fuente de nitrógeno

FOB: free on board

GEI: gases de efecto invernadero.

HC: huella de carbono.

ICA: Instituto Colombiano Agropecuario.

L: líquido

MASI: macrotunel con suelo integrado.

MASC: macrotunel con suelo con suelo convencional.

MASE: macrotunel con suelo ecológico.

MaSsi: macrotunel sin suelo integrado.

MaSsC: macrotunel sin suelo convencional.

MISI: microtunel con suelo integrado.

MISC: microtunel con suelo convencional.

MB: bromuro de metilo.

OMS: Organización Mundial de la salud.

PDA: pases a medio fresco.

PICR: porcentaje de inhibición del crecimiento radial.

RC: crecimiento radial del hongo en el testigo (Agua destilada).

RT: crecimiento radial del hongo en cada tratamiento (Aceites esenciales).

S: sólido

UE: unidad experimental.

GLOSARIO

ÁCIDOS GRASOS: los ácidos grasos, son biomoléculas compuestas por una cadena lineal hidrocarbonada con diferente longitud y número de carbonos en presencia de un grupo carboxilo al extremo.¹ Se consideran ácidos grasos de cadena corta cuando cuenta con menos de 8 átomos de carbono, de cadena media cuando tiene de 8 a 12 y de cadena larga cuando el número de carbonos van entre los 12 y 22.²

ÁCIDOS GRASOS SATURADOS: los ácidos grasos saturados son los que cuentan con enlaces sencillos a lo largo de toda su estructura; debido a esto, las moléculas son rectas y sólidas a temperatura ambiente cuando la cadena es larga, es decir, poseen más de 12 átomos de carbono. Este tipo de ácidos grasos pueden ser sintetizados por el metabolismo humano, sin embargo, en gran cantidad puede llegar a ser nocivo para la salud.³

ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS: los ácidos grasos monoinsaturados son aquellas cadenas hidrocarbonadas que presentan en su estructura un doble enlace, ubicado normalmente entre el carbono 9 y 10.⁴ El ácido oleico (C18:1) es un ejemplo de ácido graso monoinsaturado, presente en el aceite de oliva.⁵

ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS: los ácidos grasos poliinsaturados son aquellos que dentro de su estructura presentan dos o más dobles enlaces; esto puede generar que, al reaccionar con el oxígeno del aire, se pueda enranciar con mayor facilidad. Un ejemplo de ácido graso poliinsaturado es el linoleico (C18:2), el cual se puede encontrar en el aceite de girasol.⁶

CEPA: las cepas son un grupo de microorganismos provenientes de un único aislamiento de cultivo, por lo general a partir de una sola colonia.⁷

¹MARTORELL, Miquel. Acción de alimentos funcionales ricos en ácidos grasos esenciales sobre el estrés oxidativo. 2013. Universitat de les illes balears. Departament de biología fonamental i ciències de la salut. [En línea]. Pp. 34. [Citado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <<https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/128937/Tmmp1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >

² Ibid.

³ Ibid. Pp. 35.

⁴ Ibid. Pp. 34

⁵CARBAJAL, Ángeles. Manual de nutrición y dietética. SF. Universidad Complutense de Madrid. [En línea]. Pp. 1. [Citado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <<https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-6-grasas.pdf> >

⁶ Ibid.

⁷ROJAS, Fabiola. Cepas: Material de referencia, manejo y aplicaciones en el área de microbiología. Instituto de salud pública. Gobierno de Chile. [En línea]. Pp. 16. [Citado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <<https://www.metrologia.cl/medios/Cepas.pdf> >

COADYUVANTE: los coadyuvantes en el sector agrícola, son aquellos productos que incluyen dentro de la formulación con el fin de mejorar la actividad de los agroquímicos, es decir, mejorar eficiencias o facilitar la aplicación mediante la modificación de la solución. ⁸

EMULSIFICANTE: el emulsificante o emulsionante es una molécula anfifílica, es decir, en su estructura tiene un extremo hidrofílico (soluble en agua) y otro hidrofóbico (insoluble en agua), haciendo que presente afinidad polar y no-polar. Es usado para reducir la tensión superficial en mezclas de agua-aceite, permitiendo la generación de emulsiones con un menor consumo de energía. ⁹

ESPORA: originadas en la reproducción de los hongos. Dentro de la reproducción asexual se encuentran las esporas endógenas, que pueden ser móviles (Zoosporas) o inmóviles (esporangiósporas); y las exógenas, formadas en hifas denominadas conidióforos. ¹⁰

HIFAS: “es una fila de células alargadas envueltas por la pared celular.”¹¹

HONGO FILAMENTOSO: son hongos pluricelulares con presencia de hifas compuesta por organelos eucariotas. La producción de esporas es la principal forma de reproducción para este tipo de hongos. ¹²

MICELIO: micelio es la masa de hifas que constituye el cuerpo vegetativo de un hongo. ¹³

⁸ARROSPIDE, Guillermo. Criterios para el uso de aditivos y coadyuvantes. [En línea]. Pp. 1. [Citado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <http://www.calister.com.uy/wp-content/uploads/2016/06/1311182916Criterios_para_el_uso_de_Aditivos_y_Coadyuvantes.pdf>

⁹MUÑOZ, José. ALFARO, Carmen y ZAPATA, Isabel. Avances en la formulación de emulsiones. 2007. Grasas y aceites. [En línea]. Vol. 58. Pp. 3. [Citado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <<http://alimentos.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/57/2016/03/Emulsionantes.pdf>>

¹⁰ CABRAL, Elsa. ROMERO, Florencia y SOBRADO, Sandra. Hongos Diversidad vegetal. 2013. [En línea]. Vol. 58. Pp. 6. [Citado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <<http://exa.unne.edu.ar/carreras/docs/Estudio%20HONGOS.pdf>>

¹¹ROJAS, Cesar. Microbiología general. [En línea]. Pp. 1. [Citado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/crl/Microbiologia/16P/TEMA_4.pdf>

¹² Ibid.

¹³ Ibid.

RESUMEN

Durante los últimos años se ha vuelto una prioridad la sostenibilidad del medio ambiente, por tal motivo nuevas empresas han empezado a penetrar cada vez más el mercado agrícola, sabiendo que solo aquellas que provean las mejores características, eficiencias y costos serán las que se lleven la mayoría del mercado. Gestores del campo S.A.S es una empresa que se dedica a la comercialización de bioinsumos de uso agrícola la cual reconoce su potencial y está en constante mejora productiva con el fin de aumentar la demanda de sus productos. Es por esta razón que se escoge el Antígonic, biofungicida presente en su portafolio de productos, para evaluar la viabilidad económica de la sustitución de insumos que representen un costo elevado sin llegar a alterar su estructura química.

El objetivo principal de este trabajo fue desarrollar una propuesta para la sustitución de insumos en la obtención del biofungicida Antígonic con el *Trichoderma harzianum* como ingrediente activo con el fin de poder aprovechar la diversidad en insumos que a nivel de ecología verde posee el mundo y así generar un estimado económico que esta empresa podría mejorar, por lo que inicialmente se realizó un diagnóstico a la empresa Gestores del Campo S.A.S para determinar el estado actual del proceso y así poder hacer un estimado de cuáles son las materias primas que podrían ser reemplazadas dentro de las cuales se encontraron: fuentes de carbono, nitrógeno, sales, aceites y surfactantes.

Dentro del diagnóstico se identificó que la empresa Gestores del Campo S.A.S hace uso de tres tipos de aceites vegetales, soya, palma y girasol en la última parte de su proceso productivo y son los que, en comparación con el resto de materias primas, representan el costo más elevado. En este orden de ideas, para el segundo capítulo se tuvo en cuenta la caracterización de los aceites vegetales en aras de encontrar mediante información bibliográfica otros aceites que puedan llegar a suplir las necesidades requeridas por la empresa. Dentro de esta investigación se encontró que el aceite mineral ha sido de gran uso dentro del sector agrícola y que, específicamente es beneficioso en el crecimiento del *Trichoderma harzianum*, de igual forma se hallaron atributos antifúngicos o promotores de crecimiento de la cepa de este agente activo en los aceites esenciales de orégano, naranja y menta.

Finalmente, se realizó una evaluación económica de los posibles sustitos hallados y se encontró que, pese a los buenos resultados encontrados para los aceites esenciales, el costo de obtención es demasiado elevado, debido a que los rendimientos obtenidos de los diversos procesos de extracción son bajos, adicional a esto Colombia no tiene una alta producción de este tipo de aceites, por lo que tendría que evaluarse costos y leyes de importación. Por otro lado, se encontró que el aceite vegetal no representa la mejor opción dentro del proceso productivo, ya que estudios demuestran que este tipo de insumo rompe las paredes de las esporas haciendo que el biofungicida no sea viable dentro de algunas semanas, y presenta una mayor demanda, por lo que su facilidad de obtención puede verse reducida, en

contraste con el aceite mineral que, pese a tener un costo superior, es beneficioso dentro del crecimiento del *Trichoderma*; por lo que se sugiere a la empresa Gestores del Campo S.A.S sustituir el aceite vegetal usado en la actualidad por aceite mineral que fomentará la buena calidad del biofungicida Antígonic dándole un valor agregado a los mismos frente a los de la competencia.

Palabras clave: *Trichoderma harzianum*. Biofungicida. Antígonic. Aceites. Fitopatógenos. Hongos.

INTRODUCCIÓN

En el 2011 la ONU enmarcó sus títulos hacia la nueva realidad global que es la economía verde. La industria del bienestar se posiciona como una de las megatendencias más fuertes del mundo y con ello los países en vía de desarrollo entendieron que aquellos subsidios y exenciones tributarias a sectores y actividades económicas con alto impacto ambiental debían ser eliminados¹⁴. En este sentido Colombia se comprometió a reducir sus emisiones de GEI en 20% y uno de los sectores que impacta negativamente a este propósito es el agrícola. Entendiendo que para hacer sostenible un cultivo se deben implementar compuestos como el bromuro de metilo (CH₃Br) para combatir plagas que puedan presentarse en las distintas zonas de cosecha, el cual según la FAO está contemplado como uno de los compuestos químicos que más deteriora la capa de ozono¹⁵.

La calidad nutricional con la que salen los productos de cosecha es baja y esto también es gracias a la gran cantidad de químicos que están inmersos en los fungicidas los cuales, de no utilizarse generarían más pérdidas ya que los cultivos estarían 100% expuestos a plagas. Colombia es un país tropical, y una de sus características es la presencia de suelos altamente adaptables para cultivar, lo cual genera un alto interés extranjero en materia de inversión; esto significa entre otras cosas que, en términos agroindustriales el país está consolidado para hacer parte como una de las grandes despensas del mundo para el año 2030¹⁶.

El uso de biofungicidas o biofertilizantes ha llegado como respuesta a la necesidad de utilizar materias primas más amigables con el medio ambiente y que a nivel económico también sean más rentables, dentro de su composición se encuentra la presencia de microorganismos como hongos y bacterias que son benéficos para el suelo y con características predominantes sobre organismos patógenos. El uso de estos contribuye a que haya mejor interacción entre los nutrientes y el ecosistema del suelo.¹⁷

¹⁴ REVISTA DINERO, Luz verde a una economía eficiente. Especial 5/2/2019. Disponible en: <[¹⁵ DIVISIÓN DE PRODUCCIÓN Y PROTECCIÓN VEGETAL ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA \(FAO\). Reunión regional sobre alternativas para la sustitución del uso de Bromuro de Metilo en la agricultura. Caracas, Venezuela. 26 al 29 de mayo de 1998. Disponible en: <\[http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Methyl_Bromide/bromrepo.pdf\]\(http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Methyl_Bromide/bromrepo.pdf\)>](https://www.dinero.com/edicion-impresa/especial-comercial/articulo/luz-verde-a-una-economia-eficiente/270319#:~:text=En%20Colombia%2C%20la%20Misi%C3%B3n%20de,desigualdad%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20paz.>></p></div><div data-bbox=)

¹⁶ AGENCIA EFE. La apuesta para convertir a Colombia en una de las despensas del mundo. [Sitio web]. Colombia. [Citado el 7 de julio de 2020] Publicado en junio 8 de 2019. Disponible en: <<https://www.portafolio.co/economia/la-apuesta-para-convertir-a-colombia-en-una-de-las-despensasdel-mundo-530405>>

¹⁷ CANO, Mario Alejandro. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma spp.* y *Pseudomonas spp.* [En línea] una revisión. 2011. UDCA. Pg 15-16. [Citado el : 7 de julio de 2020] Disponible en: <<http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v14n2/v14n2a03.pdf>>

Gestores del Campo S.A.S es una empresa colombiana que se dedica a la fabricación de bioinsumos de uso agrícola donde su activo principal son hongos y bacterias antagonistas que se destinan para mejorar la viabilidad en la aplicación del biofungicida en la cosecha ayudando así a generar control de plagas y enfermedades, dentro de su portafolio de productos se encuentra el Antígonic y su hongo antagonista el *Trichoderma harzianum*.

Para la producción del Antígonic se encuentran insumos como lo es el aceite vegetal que cumple la función de estabilizante para evitar la producción de CO₂, proceso que la empresa ha reconocido como costoso.

La propuesta de trabajo que este proyecto pretendió fue el desarrollo de una estrategia de sustitución de insumos y mediante reportes bibliográficos generar un sondeo entre cuales insumos agrícolas utilizados y comercializados industrialmente en la actualidad que se puedan utilizar sin cambiar ni alterar la composición antagonista del *Trichoderma harzianum*.

El desarrollo de este proyecto se realizó con información bibliográfica donde los parámetros estudiados fueron tomados de literatura encontrada y plasmada por distintos autores que han tenido la posibilidad de estudiar el hongo, su comportamiento en los cultivos y su adaptabilidad con aceites como precursores en el aumento de la viabilidad de este microorganismo. Se tomaron en cuenta los factores legales que instituciones como FAO y OMS tienen estipuladas como políticas de calidad para la correcta implementación de biofungicidas y las buenas prácticas de manufactura para la llegada final al consumidor.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la sustitución de insumos en la producción del biofungicida Antígonic con el ingrediente activo, el hongo *Trichoderma harzianum*, para la empresa Gestores del Campo S.A.S.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diagnosticar el proceso del biofungicida Antígonic.
2. Seleccionar los insumos sustitutos de acuerdo con la información bibliográfica.
3. Comparar los costos de producción del Biofungicida usando los sustitutos frente al proceso actual de la empresa Gestores del Campo S.A.S.

1. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA ANTÍGONIC

En aras de cumplir con el objetivo general del proyecto, inicialmente se va a generar un diagnóstico del proceso productivo actual por parte de la empresa Gestores del Campo S.A.S para el biofungicida Antígonic cuyo agente activo es el hongo antagonista *Trichoderma harzianum*. Esto permitirá generar una mayor perspectiva frente a la problemática a tratar, así como también establecer las características del agente activo y sus aditivos, que serán indispensables en la búsqueda de nuevos insumos sustitutos que puedan llegar a reducir el costo de producción, sin alterar la calidad del biofungicida Antígonic.

1.1 GESTORES DEL CAMPO S.A.S.

La empresa Gestores del Campo S.A.S, ubicada en la ciudad de Ibagué, Tolima, se ha dedicado a la formulación, producción y comercialización de bioinsumos de uso agrícola para aportar así al desarrollo de la química verde en el país sin dejar de lado la política de calidad que busca “mejorar continuamente los procesos con el propósito de satisfacer las necesidades los clientes y del sector agrícola en general”¹⁸.

Dentro del catálogo que presenta la empresa Gestores del campo S.A.S se encuentra el biofungicida Antígonic cuya composición consta de 25% de *Trichoderma harzianum* 1×10^8 conidios/mL y un 75% de aditivos. El ingrediente activo genera la acción antagónica compitiendo por nutrientes y territorio frente a hongos patógenos tales como *Botrytis cinérea*, *Sclerotinia sclerotium*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani* entre otros, presentes en cultivos de pepino, melón y tomate respectivamente¹⁹.

1.2 BIOFUNGICIDA

La agricultura es la forma más natural de producir los alimentos que diariamente llegan a los hogares de las personas; sin embargo, este proceso se ve constantemente alterado debido a la presencia de enfermedades y microorganismos fitopatógenos que pueden llegar a causar pérdidas en la postcosecha del orden de 5-25% en países desarrollados y 20-50% en países en desarrollo²⁰.

¹⁸ FITOTREND. [Sitio web] Política de calidad. [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.fitotrend.org/sobre-fitotrend>>

¹⁹ INTAGRI. [Sitio web] *Trichoderma* Control de Hongos Fitopatógenos. [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/trichoderma-control-de-hongos-fitopatogenos>>

²⁰ FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA. Carta informativa trimestral de la dirección general. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <http://www.fhia.org.hn/downloads/fhia_informa/fhiainfdic2007.pdf>

Uno de los métodos utilizados para combatir las enfermedades en el sector agrícola es el uso de pesticidas y productos químicos los cuales, a pesar de tener una “elevada eficacia y rapidez de control” generan efectos adversos en frutas y verduras, además de contribuir al impacto ambiental del planeta²¹.

Teniendo en cuenta, el cambio por el cual está pasando el planeta, y el aumento en el desarrollo de la llamada química verde, se encuentran hoy en día alternativas a partir del uso de agentes biológicos tales como hongos y bacterias cuya acción antagónica puedan reducir la presencia de fitopatógenos y aportar al buen desarrollo del cultivo que se desee trabajar. Éstos son conocidos como bioinsumos, específicamente como biofungicida.

1.2.1 Características de un biofungicida. Los biofungicidas nacen como una respuesta eficaz y atractiva a la gran demanda que enfrentan los productos agrícolas cuyo principal reto es poder combatir plagas y enfermedades que puedan desarrollar los cultivos.

En su mayoría, el desarrollo de los biofungicidas es en base a una serie de mezclas de compuestos naturales orgánicos que depende esencialmente del impacto que se desee tener. La elaboración es a nivel de laboratorio con la inhibición de hongos selectos, la elección y características de estos, deben cumplir con la reglamentación mundial para que el ingreso a todos los continentes²².

Actualmente, los suelos agrícolas que desean ser sembrados tienen una alta presencia de materia orgánica lo que genera que la adaptación de la zona se convierta en una tarea difícil y esto es porque ya viene altamente contaminada. El uso de cepas de *Trichoderma harzianum* está en tendencia y es escogida por la mayoría de agricultores debido a su función como inoculante, es decir, logran fortalecer a las plantas y generarles resistencia a dichos suelos agresivos.²³

1.2.2 Fabricación de un biofungicida. Para la fabricación de bioinsumos de uso agrícola usando como ingrediente activo *Trichoderma*, se pueden identificar varios

²¹ GARCÍA, Pedro; CABRERA, Samuel; SÁNCHEZ, Jimmy; y PÉREZ, Alberto. Evaluación de un biofungicida para el control de la mancha bandeada del maíz causada por *Rhizoctonia solani* Kühn en siembras comerciales en portuguesa, Venezuela. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5804/pdf/garcia_p.pdf>

²² UIVERSIDAD DE LA FRONTERA. Biofungicida. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<http://innovacion.ufro.cl/index.php/tecnologias-ufro/agricultura/biofungicida-utt>>

²³ AGRICULTURERS, RED DE ESPECIALISTAS EN AGRCULTURA. ¿Qué función tienen las Trichodermas en agricultura? [En línea] [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: <<https://agriculturers.com/que-funcion-tienen-las-trichodermas-en-agricultura/>>

tipos de fermentación, dentro de los cuales se encuentra, fermentación líquida, fermentación sólida y fermentación bifásica²⁴.

1.2.2.1 Fermentación líquida o sumergida. Como su nombre lo indica, se realiza en un medio líquido que cuente con los nutrientes propicios inmersos y bajo las condiciones fisicoquímicas idóneas, para el crecimiento del microorganismo de interés.

La fermentación líquida tiene un proceso de fácil desarrollo teniendo en cuenta que dentro del biorreactor solo se carga el medio de cultivo, fijando condiciones tales como concentración y pH del caldo; no se adiciona nada más exceptuando oxígeno en forma de aire²⁵.

Wei Lin (2006) es un autor que ha generado investigaciones propias donde resalta que los procesos de fermentación líquida o sumergida son altamente efectivos debido a que, durante su proceso se generan sustancias promotoras del crecimiento de la cepa como el ácido indolacético, ácido giberélico, citoquininas y vitaminas la cuales hacen parte de la familia de los péptidos, los resultados obtenidos demostraron que al ser aplicado el *Trichoderma harzianum* sobre la planta inoculada se logró un incremento en la eficiencia de protección de la cosecha tratada²⁶.

La producción del ingrediente activo que nos compete en este trabajo es la del *Trichoderma harzianum*. La fermentación líquida representa una alternativa altamente efectiva cuando las empresas necesitan una producción con altas demandas, ya que en este tipo de fermentación los tiempos de obtención del producto son menores y han demostrado tener una buena eficiencia y mayor cantidad de biomasa.²⁷ Es por esta razón que la empresa Gestores del Campo S.A.S escoge esta alternativa de producción para el Antígonic teniendo en cuenta que industrialmente es más rentable y los tiempos de producción son menores que en la implementación de otros tipos de fermentación. Adicional a esto, el biofungicida tratado se encuentra en comercialización actualmente y cuenta con clientes fidelizados, por lo que un cambio de presentación podría generar efectos adversos en la distribución del mercado.

²⁴ PINEDA, Julio., BENAVIDES, Edmundo., DUARTE, Astrid., BURGOS, Cristian., SOTO, Claudia., PINEDA, Camilo., FIERRO, Fernando., MORA, Elsa, y ÁLVAREZ, Sandra. Producción de biopreparados de *Trichoderma spp*: una revisión. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894008.pdf>>

²⁵ CRUZ, Lina. Estandarización del proceso de producción masiva del hongo *Trichoderma Koningii*Th003 mediante fermentación bifásica a escala piloto. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis23.pdf>>

²⁶GARCIA, Rosaima, DURÁN, María A; RIERA, Ramón. Producción de biomasa de *Trichoderma harzianum* por fermentación líquida. [En línea] Vol. 10, núm 4. Pp 295-298. [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2091/209116183008.pdf>>

²⁷Ibíd.

1.2.2.2 Fermentación sólida. Este tipo de fermentación, como su nombre lo indica se hace bajo la presencia de un sustrato en estado sólido que contenga la humedad suficiente para el crecimiento microbiano, teniendo en cuenta que el medio de cultivo estará parcial o totalmente carente de agua libre.

Según Forero en su publicación Producción masiva de microorganismos biocontroladores, la técnica para llevar a cabo la fermentación sólida consta de nueve pasos. Inicialmente se realiza la preparación de la mezcla sólida, posteriormente una esterilización en aras de reducir la carga bacteriana, en un tercer paso se lleva a cabo el inóculo de la matriz sólida y un ajuste de la humedad y el pH para después llevar el medio de cultivo al fermentador adicionando oxígeno por medio de aire a temperatura controlada. Finalmente se realiza un secado hasta obtener la humedad residual deseada, se adecua el tamaño de partícula a partir de una molienda y se obtiene el ingrediente activo deseado²⁸.

Este tipo de fermentación es indicada para la producción a baja escala y con sustratos homogéneos, donde los conidios que se depositan en dichos sustratos presentan una mayor tolerancia. Su separación se ha destacado por terminar en forma de polvo con tamaños de partículas similares a los del poro de una malla, sin embargo, distintos análisis literarios arrojan que, aunque este tipo de fermentación se destaca por tener un fácil movimiento vehicular y en términos de empaque es más resistente, los tiempos de producción son elevados y no hay una garantía en la uniformidad de las partículas físicas. Adicional a esto cuando se depositan en el aerosol han generado riesgos respiratorios para el personal que se encarga de regar los cultivos involucrados²⁹.

Dentro de los sustratos sólidos, los mayormente utilizados son los residuos agroindustriales teniendo en cuenta la cantidad de nutrientes que aportan para generar un medio de cultivo óptimo. En la Tabla 1., se muestran aquellos sustratos que generan una mayor producción de esporas para el hongo *Trichoderma spp*, donde se visualiza que el olote de maíz genera 4.43×10^8 esporas/mL sin tener en cuenta ningún suplemento adicional, en contraste con la cascarilla de ajonjolí que, bajo las mismas condiciones, es decir, sin ningún suplemento presenta una producción de esporas de 1.11×10^8 mL⁻¹.³⁰

²⁸ CRUZ, Lina. Estandarización del proceso de producción masiva del hongo *Trichoderma Koningii*Th003 mediante fermentación bifásica a escala piloto. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis23.pdf>>

²⁹SIANNAH, Diego; TORRES BRIZUELA, Lilian; MARTÍNEZ MANRIQUE, Clara Esther; RODRÍGUEZ RICO, Iván Leandro; LOBAINA LOBAINA, Esli. Caracterización del producto de la fermentación solida de *Trichoderma Rifai* (A-34) sobre bagazo de caña. [En línea] [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: <<http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v37n3/rtq05317.pdf>>

³⁰ PINEDA, Julio., BENAVIDES, Edmundo., DUARTE, Astrid., BURGOS, Cristian., SOTO, Claudia., PINEDA, Camilo., FIERRO, Fernando., MORA, Elsa, y ÁLVAREZ, Sandra. Producción de biopreparados de *Trichoderma spp*: una revisión. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894008.pdf>>

Tabla 1. Producción de esporas por parte del *Trichoderma spp*

Sustrato	Suplemento	Producción de esporas (10 ⁸ mL ⁻¹)
Olote de maíz		4.43
Grano de arroz		3.13
Cascarillas de arroz		1.47
Cáscara de ajonjolí		1.11
Cascarilla de algodón	Melaza, urea	2.10
Semillas del árbol del pan (<i>Artocarpus incisa</i>)	Melaza, urea	8.38

Fuente: PINEDA, Julio., BENAVIDES, Edmundo., DUARTE, Astrid., BURGOS, Cristian., SOTO, Claudia., PINEDA, Camilo., FIERRO, Fernando., MORA, Elsa, y ÁLVAREZ, Sandra. Producción de biopreparados de *Trichoderma spp*: una revisión. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894008.pdf>>

1.2.2.3 Fermentación bifásica. En este tipo de fermentación el desarrollo del microorganismo se hace inicialmente en un medio de cultivo líquido con los nutrientes necesarios para su crecimiento (adecuada cantidad de nitrógeno y carbono). En una segunda etapa, el hongo es llevado a una superficie sólida que permite aumentar el área superficial de la aireación junto con una estructura sólida para la producción de conidios.³¹

Las ventajas que tiene este tipo de fermentación son las evidencias en el aumento de la competitividad del hongo al colonizar el sustrato sólido en dicha etapa y así logra reducir la cantidad de microorganismos contaminantes, adicional a esto, el crecimiento del ingrediente activo es mucho más rápido comparada con la fermentación sólida³².

A continuación, en la Tabla 2., se muestra un análisis comparativo entre la fermentación sólida y líquida, mostrando las ventajas y desventajas para cada caso específico.

³¹ PINEDA, Julio., BENAVIDES, Edmundo., DUARTE, Astrid., BURGOS, Cristian., SOTO, Claudia., PINEDA, Camilo., FIERRO, Fernando., MORA, Elsa, y ÁLVAREZ, Sandra. Producción de biopreparados de *Trichoderma spp*: una revisión. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894008.pdf>>

³² CRUZ MARTÍNEZ, Lina Carolina. Estandarización del proceso de producción másica del hongo *Trichoderma Th003* mediante fermentación bifásica a escala piloto. [En línea] [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: <<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis23.pdf>>

Tabla 2. Ventajas y desventajas entre fermentación sólida y líquida

Tipo de fermentación	Ventajas	Desventajas
Fermentación en estado sólido	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo capital y costo de operación. • Facilidad de manejo de grandes volúmenes de residuos como sustrato. • Reutilización de residuos producto de la fermentación. • Menos consumo de energía. • Menos efluentes de aguas residuales. • Menor número de operación y purificación de metabolitos. • Menos susceptible a inhibición por sustrato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de fermentación largo. • No es posible manejar un sistema de aireación eficiente. <ul style="list-style-type: none"> • Sistema heterogéneo. • Dificil escalamiento a nivel industrial. <ul style="list-style-type: none"> • Poco control de temperatura. • Cambios críticos en la actividad del agua durante el proceso <ul style="list-style-type: none"> • Dificil mezclado • Dificil esterilización y control de contaminantes <ul style="list-style-type: none"> • Se presenta gradientes de concentración de nutrientes a través del tiempo • Es necesaria la adición de macro y micronutrientes
Fermentación sumergida	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema homogéneo <ul style="list-style-type: none"> • Fácil mezclado • Sistema automatizado de instrumentación y control para el monitoreo de temperatura, pH, oxígeno disuelto, etc. • Fácil esterilización y control de contaminantes <ul style="list-style-type: none"> • Los nutrientes son uniformemente distribuidos a través de la fermentación • Favorece la formación de pellets por lo que facilita su separación después de la fermentación <ul style="list-style-type: none"> • Factible su escalamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de grandes cantidades de efluentes • Costoso por la implementación de los sistemas de monitoreo y control

Fuente: HERNANDEZ Dulce, FERRERA Ronald, ALARCÓN Alejandro. *Trichoderma: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial*. 2019. Chilean J. Agric. Agro-ciencia. [En línea] Vol. 35. [Citado el 12 de agosto de 2020.] Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902019000100098>

Para la formulación del bioinsumo o biocontrolador a partir de *Trichoderma* o cualquier hongo de interés, se debe tener en cuenta la adición de una serie de

aditivos tales como emulsificantes, tensoactivos, agentes humectantes entre otros, en aras de beneficiar el desarrollo de la actividad antagonista del ingrediente activo dentro de los cultivos y prolongar la vida útil del biofungicida, la cual debe ir entre los 6 y 18 meses. Adicionalmente, se deben tener en cuenta unas condiciones de almacenamiento, especialmente ligadas a una temperatura inferior a los 20°C siendo 5°C la óptima y una humedad relativa baja³³.

1.2.3 Usos del biofungicida en la agroindustria. El sector de la agricultura es el que más implementa el uso de biofungicidas, allí se desglosan sub-sectores de cultivo como lo son la horticultura y la fruticultura donde el uso de un agente que controle plagas y enfermedades es de vital importancia.

1.2.4 Horticultura. La horticultura es una de las actividades más importantes desde el punto de vista económico y cultural.³⁴ Dentro de los conocimientos que se deben tener se incluye la botánica, genética, química, ingeniería agrícola, entre otras, donde su campo de acción principal es el área rural.

Según el Censo Nacional Agropecuario de 2014, En Colombia los cultivos de horticultura ocupan aproximadamente un 4.2%³⁵ del total de área sembrada en todo el país. La temporada de lluvias es una de las principales causas por la cual las cosechas se pierden o son poco rentables. Cuando los terrenos sufren inundaciones e inician las repercusiones adversas como la ausencia de oxígeno en el suelo, provoca un ambiente propicio para el crecimiento de los microorganismos patógenos que se aprovechan y generan enfermedades en los cultivos.

Para combatir este problema que afecta de manera directa y constante al sector agrícola debido al clima tropical que posee Colombia, se desarrollan estrategias que incluyen la implementación de biofungicidas para el control biológico de los cultivos, donde, en las derivaciones de hongos se encuentra principalmente la cepa del *Trichoderma harzianum* y el *Trichoderma Citrinoviride*.

³³ HERNANDEZ Dulce, FERRERA Ronald, ALARCÓN Alejandro. *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. 2019. Chilean J. Agric. Agro-ciencia. [En línea] Vol. 35. [Citado el 12 de agosto de 2020.] Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902019000100098>

³⁴ CONACYT. Biofungicidas y biofertilizantes para control biológico de los cultivos, derivado de la cepa *Trichoderma Citrinoviride*. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.cibnor.gob.mx/servicios/oficina-de-transferencia-de-tecnologia/oferta-tecnologica-coordinacion-iii/listado/2308-biofungicidas-y-biofertilizantes-para-control-biologico-de-los-cultivos-derivado-de-la-cepa-trichoderma-citrinoviride>>

³⁵ EL CAMPESINO. La horticultura, un conjunto de saberes para la producción de hortalizas. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.elcampesino.co/la-horticultura-un-conjunto-de-saberes-para-la-produccion-de-hortalizas/#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20Censo%20Nacional%20Agropecuario,zanahoria%20las%20hortalizas%20m%C3%A1s%20cultivadas>>

1.2.4.1 Fruticultura. Uno de los sectores que más genera crecimiento agrícola y económico en Colombia es el fruticultor, donde la generación de empleo rural y de desarrollo para las regiones es alto, puesto a que las frutas se adaptan fácilmente a los pisos térmicos que dispone el país. Sin embargo, uno de los problemas que más aqueja a este gremio es que la ley permite que algunas condiciones de sanidad se mantengan al margen del cumplimiento, esto genera poco control en la salida de cosechas,³⁶ lo que representa un factor de riesgo para la diseminación de plagas.

El poco conocimiento acerca de las técnicas adecuadas para el manejo, control de plagas y enfermedades de los cultivos es uno de los problemas más frecuentes en la fruticultura ya que el periodo de vida que pueden soportar sin un correcto mantenimiento es poco. Es por este motivo que el ICA ha avanzado con reglamentaciones sobre los requerimientos de producción y comercialización de frutas dentro de los cuales se buscan obtener requisitos más estrictos para su inspección (Miranda Lasprilla, D. 2020)³⁷

La putrefacción y marchitez son enfermedades comunes de un cultivo que carece de mantenimiento en control de plagas lo cual reduce la vida útil de los estos cultivos, debido a que los agricultores realizan prácticas manuales sacando las plantas enfermas o aplicando gran cantidad de fungicidas. (Michael, 2001).³⁸

El control biológico es una necesidad inmediata y es por esto que el desarrollo de agentes de biocontrol como el *Trichoderma harzianum* son altamente viables y necesarios. Sus características muestran gran capacidad para el control de fitopatógenos foliares ejerciendo un efecto antagónico debido a su rápido crecimiento en un alto número de sustratos y que no atacan a las plantas superiores (Andrade Montalvo, C. 2012)³⁹.

1.2.5 Producción, importación y exportación de bioinsumos en Colombia. El Instituto Colombiano Agropecuario tiene en su base de datos, aquellas empresas que se dedican a la producción y comercialización de insumos destinados al sector agrícolas, incluidos los bioinsumos.

36 LASPRILLA, Diego. Estado actual de fruticultura colombiana y perspectivas para su desarrollo. [En línea] 2011, vol.33, [Citado el 15 de junio de 2020] pp.199-205. Disponible en: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452011000500023&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0100-2945.

37 INSITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Colombia incrementara la exportación de arándanos frescos bajo tratamiento en frio a USA. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.ica.gov.co/noticias/ica-verifica-exportacion-arandanos-eeuu>>

38 Ibid

39 ANDRADE MONTALVO, Claudia María. “Evaluación del efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* para el control de marchitez en mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*) en el cantón pillarlo, provincia de tungurahua” [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/2207/1/13T0752%20.pdf>>

En la Tabla 3., se muestran los bioinsumos que tienen como agente activo el hongo antagonista *Trichoderma harzianum*, tipo de producto y presentación.

Tabla 3. Bioinsumos registrados en el ICA para el año 2019, tipo y presentación.

Características del bioinsumo	Cantidad
Bioinsumos registrados	326
Bioinsumos con agente activo <i>T. harzianum</i>	29
Bioinsumos con agente activo <i>T. harzianum</i> para control biológico	21
Bioinsumos con agente activo <i>T. harzianum</i> como inoculante biológico	8
Bioinsumos con agente activo <i>T. harzianum</i> en polvo mojable	22
Bioinsumos con agente activo <i>T. harzianum</i> en emulsión agua y aceite	2
Bioinsumos con agente activo <i>T. harzianum</i> en suspensión concentrada	5

Fuente: elaboración propia, con base en ICA. Productos bioinsumos registrados – diciembre 2019. [En línea] [Citado el 10 de agosto de 2020]. Disponible en: <<https://www.ica.gov.co/getdoc/2ad9e987-8f69-4358-b8a9-e6ee6dcc8132/productos-bioinsumos-mayo-13-de-2008.aspx>>

A partir de esta información se puede establecer que de 326 bio insumos registrados en el ICA, aproximadamente el 8,9 % tienen como ingrediente activo *Trichoderma harzianum* y, así mismo, 21 de ellos son utilizados como agentes de control biológico en el sector agrícola. Del total de insumos que tienen este hongo antagonista, 22 se encuentran en polvo mojable y tan solo 2 en forma de emulsión, esto puede deberse a la viabilidad económica y facilidad de almacenamiento que conlleva esta presentación.

En la Tabla 4., se observar observa la producción de bioinsumos registrados en ICA.

Tabla 4. Producción de bioinsumo por tipo de acción para el año 2016.

Bioinsumo	Porcentaje para producción en estado sólido	Porcentaje para producción en estado líquido
Inoculante biológico	83%	-
Inoculante biológico (Bacteria)	4%	26%
Agente biológico de control de plagas (Agente microbial)	12%	19%
Extracto vegetal	-	41%
Producto bioquímico	-	7%
Otros	1%	7%

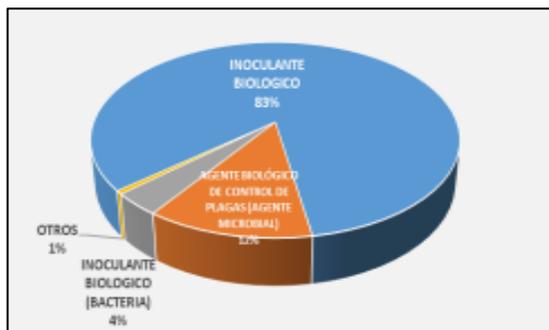
Fuente: elaboración propia, con base en PROCHILE COLOMBIA. El mercado de bioinsumos en Colombia. 2018. [En línea]. [Citado el 09 de agosto de 2020] Disponible en: <https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/fms_control_biologico_colombia.pdf>

Se pudo establecer, teniendo en cuenta la Tabla 4., que para el año 2016, la producción se enfocó en inoculantes biológicos, en contraste con los insumos presentados como agente biológico que tuvieron una representación inferior al 20%. Así mismo, se puede observar que para este tipo de acción (agente microbio), la presentación en estado líquido fue ligeramente superior.⁴⁰

Para el año 2015, la producción de bioinsumos en Colombia fue de 1,172,445 kg y 371,335 litros y las ventas producidas a partir de ello fueron de 1,165,153 kg y 461,492 L, teniendo en cuenta las importaciones.⁴¹

De forma análoga, en el Gráfico 1., se observa la producción de bioinsumos en presentación sólida y su clasificación por tipo de acción para el año 2016.

Gráfico 1. Producción de bioinsumos por tipo de acción en kilogramos para el año 2016.



Fuente: PROCHILE COLOMBIA. El mercado de bioinsumos en Colombia. 2018. [En línea]. [Citado el 09 de agosto de 2020] Disponible en: <https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/fms_control_biologico_colombia.pdf>

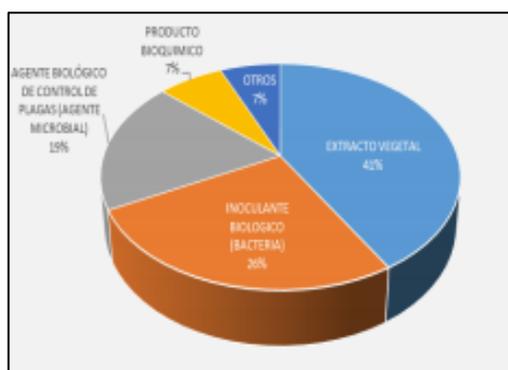
A continuación, en el Gráfico 2, se observa la producción de bioinsumos por tipo de acción en litros para el año 2016, del cual se puede observar que el extracto vegetal se encuentra en mayor proporción y en segundo lugar los inoculantes biológicos cuyo agente representativo sea una bacteria; estos son utilizados en el sector agrícola, entre otras cosas, para promover el crecimiento de las cosechas, contrario con el Gráfico 1 que establece una mayor producción de bioinsumos en

⁴⁰ PROCHILE COLOMBIA. El mercado de bioinsumos en Colombia. 2018. [En línea]. [Citado el 09 de agosto de 2020] Disponible en: <https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/fms_control_biologico_colombia.pdf>

⁴¹ Ibíd.

presentación sólidos utilizados para la inoculación biológica y en menor cantidad aquellos que tienen como ingrediente activo una bacteria.

Gráfico 2. Producción de bioinsumos por tipo de acción en litros para el año 2016.



Fuente: PROCHILE COLOMBIA. El mercado de bioinsumos en Colombia. 2018. [En línea]. [Citado el 09 de agosto de 2020] Disponible en: <https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/fms_control_biologico_colombia.pdf>

De forma similar, a continuación, en la Tabla 5., se pueden observar los datos tomados de ProChile Colombia 2018, el mercado de bioinsumos en Colombia, respecto a la importación de estos productos para el año 2016 en presentación sólido.

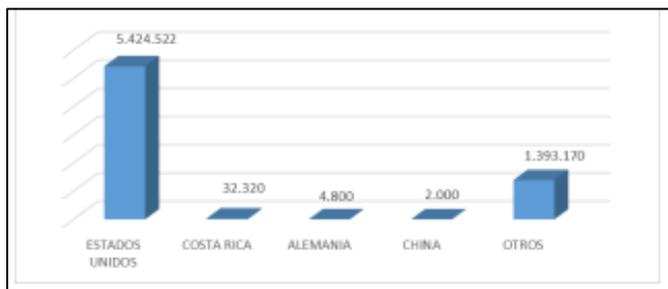
Tabla 5. Importación de bioinsumos para el año 2016.

País importador	Cantidad en kg
Estados Unidos	5,424,522
Costa Rica	32,320
Alemania	4,800
China	2,000
Otros	1,399,170

Fuente: elaboración propia con información de PROCHILE COLOMBIA. El mercado de bioinsumos en Colombia. 2018. [En línea]. [Citado el 09 de agosto de 2020] Disponible en: <https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/fms_control_biologico_colombia.pdf>

A continuación, en el Gráfico 3., se pueden observar representados los datos correspondientes a la Tabla 5.

Gráfico 3. Impostación de producto terminado de bioinsumos en kilogramos para el año 2016.



Fuente: PROCHILE COLOMBIA. El mercado de bioinsumos en Colombia. 2018. [En línea]. [Citado el 09 de agosto de 2020] Disponible en: <https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/fms_control_biologico_colombia.pdf>

A partir de esto, se puede observar que el principal proveedor de insumos biológicos de uso agrícola es Norte América en contraste con Costa Rica, Alemania y China. Caso contrario con lo representado en el Gráfico 4., mostrado a continuación donde se representa el nivel de importación de producto terminado de bioinsumos en litros para el año 2016, y se vislumbra que USA tiene una representación menor comparada con México.

Gráfico 4. Importación de producto terminado de bioinsumos en litros para el año 2016



Fuente: PROCHILE COLOMBIA. El mercado de bioinsumos en Colombia. 2018. [En línea]. [Citado el 09 de agosto de 2020] Disponible en: <https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/fms_control_biologico_colombia.pdf>

En el boletín de comercialización y producción de bioinsumos y coadyuvantes, emitido por el Instituto Colombiano Agropecuario en el año 2012, se tuvo una producción de 450,583 kg y 127,855 L de bioinsumos, de los cuales 34,150.5 kg y 25,511 L son agentes de control biológico cuyo ingrediente activo es *Trichoderma harzianum*.⁴²

Para este mismo año 8,494 kilogramos y 11,594 de bioinsumo fue exportado por un total de 512,973.00 y 185,674.00 dólares respectivamente, en donde se puede identificar aquellos que tuvieron como agente activo al hongo antagonista en estudio, dentro de producto sólido se exportó una cantidad de 2,787 kg por 148,700 USD, caso contrario para el agente de control biológico en estado líquido, el cual no tuvo exportaciones ese año.⁴³

Los datos de importación de producto terminado de bioinsumo muestran un dato de 540,731 kg a un valor de 1,126,996 dólares y 106,066 L a un precio de 874,275 dolares, en donde para aquellos que contenían *Trichoderma harzianum* se importó una cantidad de 2,787 kg a un precio de 148,700 USD.⁴⁴ A partir de esto, se puede observar que, el nivel de importación es significativamente superior a los datos registrados de exportación, y de igual forma, los costos de importación también es representativo en contraste con los obtenidos al vender estos productos al exterior, por lo que se puede deducir, que la producción de este tipo de artículos destinados al sector agrícola aún no logran suplir ampliamente la demanda del país.

1.2.6 Impacto ambiental de fungicidas químicos. Dentro de los proyectos que se están llevando a cabo para evaluar la efectividad de los bioinsumos de uso agrícola están los relacionados con el cálculo y evaluación de impactos ambientales de distintos cultivos, entre los que resalta la producción de fresa a nivel nacional cuyo objetivo es que los agricultores puedan tener una gestión más eficiente y respetuosa con el medio ambiente, desarrollando estrategias de mitigación de factores como la huella de carbono que contamina la capa de ozono por gases que salen de los procesos en los cuales se implementan fertilizantes y pesticidas.

Teniendo en cuenta que en Colombia la producción de fresa es de aproximadamente 45,000 toneladas y que en los últimos años la exportación de ésta ha tenido una fuerte presencia en países de Centro América y el caribe donde se destacan destinos como: Panamá, Aruba y hacia Europa países como España y

⁴² ICA. Estadísticas de importación y exportación de fertilizantes acondicionadores de suelos y bioinsumos. 2012. [En línea] [Citado el 09 de agosto de 2019] Disponible en:< <https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/fertilizantes-y-bio-insumos-agricolas/estadisticas/comercializacion-bioinsumos-y-coadyuvantes-2012-ut.aspx>>

⁴³ Ibíd.

⁴⁴ Ibíd.

Portugal,⁴⁵ el control de plagas y limpieza es un factor esencial para el crecimiento agrónimo del país y de igual manera, en aras de hacer una estricta revisión, es un producto de cosecha que se acomoda para realizar este tipo de análisis.

Respecto a la huella ambiental los aspectos a nivel agrícola que se deben tener en cuenta son: huella de carbono (HC), acidificación (AA), eutrofización (EU) y ecotoxicidad (EC), esto para asegurar que un cultivo cuente con las especificaciones para poder ser consumido.⁴⁶

Los sistemas de producción para cultivos agrícolas se dividen en protegido y aire libre, dentro de los cuales se tiene en cuenta el tipo de manejo de pesticidas y fertilizantes (convencional, integrado o ecológico) y el tipo de suelo que se emplee (substrato o suelo). En la Tabla 6., se evidencian los distintos sistemas que anteriormente fueron mencionados.⁴⁷

Tabla 6. Principales características de los sistemas de producción de la fresa

Sistemas de producción			Acrónimo	
Protegido	Macrotunel	con suelo	Integrado	MASI
			convencional	MASC
	Microtunel	sin suelo	Ecológico	MASE
			Integrado	MaSsi
Aire Libre		con suelo	convencional	MaSsC
		Con suelo	Integrado	MISI
		con suelo	Convencional	MISC
			Convencional	ALC

Fuente: INTEREMPRESAS, Huella ambiental del cultivo de la fresa. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/230272-Huella-ambiental-del-cultivo-de-la-fresa.html>>

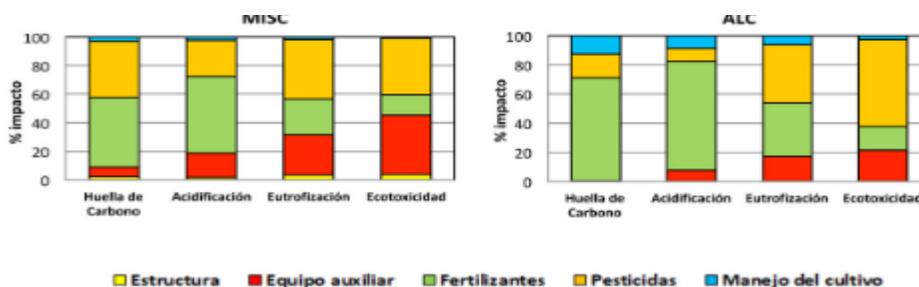
En la Imagen 1., se evidencia la contribución ambiental de cada uno de los aspectos anteriormente mencionados para el proceso de producción de fresa, donde dentro del mismo destacaron los fertilizantes, pesticidas y equipos auxiliares como aquellos que más impacto ambiental en el manejo de cultivo generaron, específicamente impactos en huella de carbono y acidificación de suelo.

⁴⁵ LA REPÚBLICA. Las fresas colombianas se imponen en los diferentes mercados internacionales. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.agronegocios.co/agricultura/fresa-colombiana-se-impone-en-otros-mercados-2621168>>

⁴⁶ INTEREMPRESAS, Huella ambiental del cultivo de la fresa. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/230272-Huella-ambiental-del-cultivo-de-la-fresa.html>>

⁴⁷ Ibid.

Imagen 1. Contribuciones de cada fase para los impactos ambientales seleccionados en diferentes sistemas de producción para un cultivo de fresa



Fuente: LA REPÚBLICA. Las fresas colombianas se imponen en los diferentes mercados internacionales. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.agronegocios.co/agricultura/fresa-colombiana-se-impone-en-otros-mercados-2621168>>

Los resultados que muestran los gráficos de la anterior imagen evidencian que el uso de fertilizantes y fungicidas químicos tradicionales representan el mayor porcentaje de impacto ambiental en un cultivo agrícola. Las emisiones que llegan a la capa de ozono vienen por parte del aire en monóxido de nitrógeno y amoníaco, fruto de la fabricación y aplicación de los fungicidas químicos tradicionales que se emplean. La acidificación en el suelo es importante y para este caso registró porcentajes superiores al 70% factor que debe ser controlado teniendo en cuenta que no todos los suelos de distintos cultivos tienen alta resistencia o facilidad en recuperar su estado original después de haber sido altamente influenciado por desestabilizantes nitrogenados. (Lillywhite y col., 2007; Khoshenvisan y col., 2013; He y col., 2016)⁴⁸.

Estos resultados permiten concluir que el uso de fertilizantes sintéticos representa a los agricultores un impacto negativo en su economía, ya que, al tener estándares ambientales tan negativos, tanto el consumo nacional como la exportación se ven altamente afectados, por lo cual la implementación de una agricultura sostenible y verde a partir de biofungicidas se vuelve cada vez el panorama más alentador y económicamente sustentable (IFAPA, 2018)⁴⁹.

1.2.7 Ventajas de los biofungicidas. Una de las ventajas potenciales de los biofungicidas es que no generan acumulación de toxinas en alimentos ni contaminación al medio ambiente como sí pasa con los fungicidas tradicionales.

⁴⁸ LA REPÚBLICA. Las fresas colombianas se imponen en los diferentes mercados internacionales. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.agronegocios.co/agricultura/fresa-colombiana-se-impone-en-otros-mercados-2621168>>

⁴⁹ ibid

Uno de los temas más controversiales era la implementación de fungicidas llenos de químicos nocivos para salud en el combate de plagas, sin embargo, la revolución verde entra con una nueva estrategia de control que se hace a través de agentes, como lo son hongos y bacterias que componen los llamados biofungicidas, razón por la cual, la tendencia del mercado ha migrado hacia esta nueva forma de combate más amigable con el medio ambiente, lo cual representa no solo un valor agregado a la industria de la agricultura, sino el paso al reemplazo total de los fungicidas como se conocen hoy día.

Los microorganismos que están presentes en la composición de los biofungicidas son capaces de instaurarse dentro de la rizosfera (zona de interacción entre las raíces de plantas y microorganismos del suelo, caracterizada por el aumento de la biomasa microbiana) y la filosfera (microambiente que rodea una planta), creando competencia con el resto de los microorganismos presentes en los cultivos y el resultado de esto no es más que una reducción en el efecto de las enfermedades producidas por agentes fitopatógenos.⁵⁰

En este orden de ideas, los biofungicidas tienen ventajas en todo sentido sobre los fungicidas tradicionales, por lo que se espera que en poco tiempo su implementación pase de ser parcial a total en el sector agrícola. Otra ventaja gigante sobre estos agentes de control biológico es que son antagonistas, cuyo potencial para interferir en procesos patógenos vegetales es de alto impacto (CAMPBELL, 1989).

La mayoría de los microorganismos que constituyen los biofungicidas cumplen esta misión antagonista y hace que el porcentaje de éxito sea cada vez mayor al aplicarse sobre cultivos, cosa que no se ve reflejada sobre los fungicidas tradicionales, ya que, combaten la plaga, pero dejan el cultivo altamente contaminado de toxinas de alto impacto en la salud. Dentro de los modos de acción que tiene un microorganismo antagonista se destacan cinco: competencia, antibiosis, explotación, resistencia inducida en el huésped y lisis.⁵¹ La planta o cultivo huésped participa activamente sobre estos sistemas de control biológico y suprimen de manera exitosa cualquier actividad inductora por parte de patógenos y al mismo tiempo disminuye la capacidad de reproducción de éste.

1.2.8 Actualidad mundial de los biofungicidas. Actualmente, es de conocimiento general el cambio por el cual está pasando el planeta; día a día, más países se unen a la investigación en biotecnología para fomentar la llamada química verde en aras

⁵⁰ STECIOW, Monica. Rizósfera. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Rizosfera.htm>>

⁵¹ PHYTOMA. Biofungicidas y control biológico de hongos fitopatógenos: aplicación en la filosfera. Ed. 182, Octubre de 2006. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/182-octubre-2006/biofungicidas-y-control-biologico-de-hongos-fitopatgenos-aplicacin-en-la-filosfera>>

de encontrar alternativas más sostenibles y ecológicas a las problemáticas presentes en diferentes sectores de la economía mundial.

El concepto de agricultura ecológica implica la sustitución de insumos químicos para el control o contención de infecciones en el suelo por medio de la implementación de microorganismos como hongos y bacterias, los cuales representan un bajo impacto al medio ambiente y son de bajo costo. El uso de estos ha evidenciado una reducción en enfermedades que se desarrollaban en semillas, por el nivel transgénico que contenían, fomentando emergencias en el nivel de desarrollo de los cultivos⁵².

El auge de proporcionar nuevas alternativas al bienestar de la humanidad lleva a que se implementen nuevas estrategias en el sector agrícola, un ejemplo es la denominada agricultura sostenible donde en gran parte del mundo, incluida Colombia utilizan invernaderos para así tener cultivos libres del suelo. Dependiendo de las características taxonómicas que cada territorio presente, los agricultores adoptan tecnologías que les permitan tener ventaja sobre el cultivo tradicional teniendo en cuenta que el uso de invernaderos optimiza y reduce factores como las posibles contaminaciones por residuos químicos, infestaciones patógenas, problemas del agua, entre otras. La principal ventaja de esto es que las plantas crecen en un ambiente controlado lo que permite tener un mejor suministro de nutrientes y que factores como el pH y la temperatura puedan ser monitoreados de una manera más eficaz⁵³.

Por otra parte, diversos estudios suministrados por el Ministerio de Agricultura en Colombia arrojan que los rendimientos en cultivos han aumentado cuando se han hecho en invernaderos, resaltando que los medios de crecimiento se vieron favorecidos en un alto porcentaje por la sustitución de fungicidas tradicionales a biofungicidas, esto representa un avance tecnológico e industrial donde un país cuya influencia económica se ve reflejada en el área agrícola, esto puede generar que Colombia sea uno de los primeros en lograr una alta sustitución de estas sustancias tóxicas por unas más amigables con el medio ambiente.⁵⁴

⁵² GUTIÉRREZ GALEANO, Diego Fernando; RUIZ MEDRANO, Roberto; XOCONOSTLE CÁZARES, Beatriz. Estado actual de los cultivos genéticamente modificados en México y su contexto internacional. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/Estado-actual-de-los-cultivos.pdf>>

⁵³ CIBNOR. Biofungicidas y biofertilizantes para control biológico de los cultivos derivados de la cepa *Trichoderma Citrinoviride*. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.cibnor.gob.mx/servicios/oficina-de-transferencia-de-tecnologia/oferta-tecnologica-coordinacion-iii/listado/2308-biofungicidas-y-biofertilizantes-para-control-biologico-de-los-cultivos-derivado-de-la-cepa-trichoderma-citrinoviride>>

⁵⁴ MINAGRICULTURA, Ministerio de Agricultura Inaugura Invernadero de Alta Tecnología en Antioquia [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Noticia196.aspx>>

Los biofungicidas ayudan a que el control biológico llegue a representar ese componente importante en el manejo de enfermedades de plantas, logrando una alta efectividad en la economía y para lograr estos objetivos se deben desarrollar cepas que incrementen la actividad microbiana como lo ha representado el *Trichoderma harzianum*.⁵⁵

1.3 *Trichoderma harzianum* Y SUS CARACTERÍSTICAS

El *Trichoderma harzianum* tiene una gran facilidad para colonizar las raíces de las plantas, lo que le ha facilitado desarrollar mecanismos para atacar y parasitar hongos y así tener fuentes de nutrición adicional. Adicional a esto posee una gran habilidad para el crecimiento y desarrollo gracias a la cantidad de enzimas que puede generar las cuales son compatibles y antagónicas ante la presencia de hongos fitopatógenos. Gracias a su gran tolerancia a condiciones ambientales extremas puede sobrevivir en contenidos significativos de pesticidas lo cual representa un punto positivo en el control biológico ejercido a cultivos (Andrade Montalvo, C. 2012)⁵⁶.

El *Trichoderma harzianum* representa un gran potencial para la innovación tecnológica en la agricultura, el aumento de la demanda para este biofungicida se debe a que se convirtió en el reemplazo total del bromuro de metilo (MB) el cual según la FAO es un responsable del deterioro de la capa de ozono, dato que está establecido desde el año 1992⁵⁷.

El bromuro de metilo además de contaminar la capa de ozono genera un aumento en las radiaciones ultravioletas tipo B lo cual supone a los cultivos una disminución en la fotosíntesis y alteraciones en el buen desarrollo de estos⁵⁸.

Por otro lado, el *Trichoderma harzianum* cuenta con altas certificaciones para ser utilizado en productos de agricultura orgánica, del mismo modo al representar un manejo integrado en las enfermedades de los cultivos; su crecimiento en el mercado es de aproximadamente 20% al 30% anual a nivel mundial ya que se adapta muy bien a diversos tipos de cultivos, suelos y climas⁵⁹.

⁵⁵ GOBIERNO DE MEXICO. Instituto potosino de investigación científica y tecnológica, A.C. Desarrollo de biofungicidas para el control activo de la economía agrícola. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.ipicyt.edu.mx/>>

⁵⁶ INFOAGRO. El bromuro de Metilo y sus alternativas. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <https://www.infoagro.com/abonos/bromuro_de_metilo.htm>

⁵⁷ Ibid.

⁵⁸ INFOAGRO. El bromuro de metilo y sus alternativas. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <https://www.infoagro.com/abonos/bromuro_de_metilo.htm>

⁵⁹ EMBRAPRA. Diversidad y uso potencial de los hongos del género *trichoderma* para innovación tecnológica en la agricultura. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <http://www.inia.uy/Documentos/Privados/INIA%20LB/VI%20Taller%20AMCB/2_Biofungicida%20Trichoderma_SCorraMello.pdf>

En la Tabla 7., se mostrarán las características óptimas de crecimiento del *Trichoderma harzianum*.

Tabla 7. Características óptimas de crecimiento para el *Trichoderma harzianum*

Parámetro	Condición de crecimiento
Temperatura para producción de micelio	20-28°C
Contenido mínimo de humedad	92 %
Contenido mínimo de humedad para la esporulación	93 - 95%
Ph	4.5 – 5

Fuente: ROMERO, Omar. Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. Revista Colombiana de Biotecnología, [En línea] [Citado el 16 de junio de 2020] v. 11, n. 2, p. 143-151, jul. 2009. ISSN 1909-8758. Disponible en: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/11759/38368>>

En la Tabla 8., se especificará la clasificación taxonómica del hongo antagonista *Trichoderma harzianum*.

Tabla 8. Clasificación taxonómica del *Trichoderma harzianum*

Clasificación Taxonómica	Nombre
Familia	Fungí
División	Ascomycota
Clase	Pezizomycotina
Subclase	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Hypocreaceae
Genero	Trichoderma
Especie	Harzianum

Fuente: ANDRADE, C. Evaluación del efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* para el control de marchitez en mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) en el cantón pillaro, provincia de Tungurahua. [En línea] [Citado el 16 de junio de 2020] Disponible en: <<http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/2207/1/13T0752%20.pdf>>

El *Trichoderma harzianum* se encuentra en materiales orgánicos y suelos, así mismo se pueden adaptar a distintas condiciones ambientales lo que facilita su gran

distribución y recolección, tiene un comportamiento antagónico lo cual genera preferencia del suelo para su crecimiento en comparación con otros hongos⁶⁰.

1.4 ELABORACIÓN DEL BIOFUNGICIDA ANTIGONIC

En el proceso de producción del biofungicida Antígonic por parte de la empresa Gestores del Campo S.A.S, inicialmente se prepara el medio de cultivo del hongo antagonista *Trichoderma harzianum* para lo cual, se hace uso de una fuente de carbono (10 gramos/L Antígonic), fuente de nitrógeno (15 gramos/L Antígonic) y sales (7 gramos/L Antígonic), dentro de una fermentación sumergida, en donde la incubación dura un periodo de 96 horas con una agitación de 120 revoluciones por minuto (rpm); esto ayuda a aumentar el diámetro de la colonia de 7.1 a 8.3 cm⁶¹

El *Trichoderma harzianum* posee una serie de enzimas hidrolíticas tales como pectinasas, celulasas, quitinasas y amilasas, que ayuda a la degradación de almidón, pectina y celulosa ricas en carbono y favorecedoras en el crecimiento del hongo *T. harzianum*⁶². Así mismo, para suplir todas las necesidades nutricionales y lograr una buena producción de biomasa, se hace uso de fuentes de nitrógeno que pueden ser aminoácidos, urea, amoniacos y sulfato de amonio, teniendo en cuenta que un exceso de nitrógeno podría generar una inhibición en el desarrollo de la cepa⁶³. Como microelementos, específicamente las sales utilizadas en menos proporción ya que este tipo de microelemento no es indispensable en el crecimiento del *Trichoderma*.

Cuando se tiene la formación de conidios necesaria para el proceso (1 Kg) se genera una emulsión de base acuosa junto con una serie de aceites vegetales con un alto contenido de aceite oleico y emulsificante en aras de lograr una buena dilución de las fases vinculadas. El aceite de palma es uno de los utilizados por la empresa Gestores del Campo S.A.S teniendo en cuenta que su composición está basada en igual proporción de ácidos grasos saturados e insaturados, siendo

⁶⁰ ROMERO, Omar. Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. Revista Colombiana de Biotecnología, [En línea] [Citado el 16 de junio de 2020] v. 11, n. 2, p. 143-151, jul. 2009. ISSN 1909-8758. Disponible en: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/11759/38368>>

⁶¹ ARELLANO, Daniel. DAMIÁN, Miguel. DOMÍNGUEZ, Francisco. HUERTA, Manuel y ROMERO, Omar. Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. 2009. Revista Colombiana de Biotecnología. Vol. 11, Número 2. Pp. 143-151. [En línea] [Citado el 23 de abril de 2020] Disponible en: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/11759/38368>>

⁶² CRUZ, Lina. Estandarización del proceso de producción masiva del hongo *Trichoderma Konigii*Th003 mediante fermentación bifásica a escala piloto. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis23.pdf>>

⁶³ PINEDA, Julio., BENAVIDES, Edmundo., DUARTE, Astrid., BURGOS, Cristian., SOTO, Claudia., PINEDA, Camilo., FIERRO, Fernando., MORA, Elsa, y ÁLVAREZ, Sandra. Producción de biopreparados de *Trichoderma spp*: una revisión. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894008.pdf>>

principalmente palmítico y oleico en cada caso respectivo⁶⁴. De forma similar otros aceites utilizados, ricos en oleína, dentro de la emulsión son aceite de girasol y aceite de soya.

El emulsificante utilizado dentro de la formulación del biofungicida Antígonic denominado Surfatec, permite disminuir la tensión superficial entre las fases inmiscibles involucradas en aras de formar la emulsión esperada. Adicionalmente, se hace uso de dos estabilizantes, que por cuestiones de confidencialidad se llamarán Estabilizante L y Estabilizante S.

El primer estabilizante usado en el proceso productivo, Estabilizante L, se adiciona en proporción 30% con respecto al volumen final del producto, en este orden de ideas, si se quiere generar un litro del bioinsumo, la cantidad a utilizar del Estabilizante L corresponde a 300 mL. De manera análoga, el Estabilizante S, el cual se encuentra en estado sólido, es tenido en cuenta dentro de la formulación con una cantidad de 10 gramos por cada litro de producto generado.

A continuación, en la Tabla 9., se muestran las principales características de las materias primas utilizadas para la producción del biofungicida Antígonic.

Tabla 9. Funciones de cada materia prima dentro de la formulación de Antígonic

Materia prima	Función
Fuente de carbono	En la fuente de carbono se denota el almidón, la pectina y la celulosa; y son utilizadas como nutrición microbiana para el buen desarrollo y crecimiento del microorganismo. La fuente de carbono debe estar en exceso para favorecer la esporulación.
Fuente de nitrógeno	Dentro de las fuentes de nitrógeno utilizadas en el medio de cultivo se utilizan aminoácidos, urea y sulfatos en aras de lograr el complemento nutricional necesario. La fuente de nitrógeno debe estar limitante para no inhibir el crecimiento.
Sales	Para el caso del <i>Trichoderma harzianum</i> la presencia en grandes cantidades de microelementos no es indispensables. Es necesario tener en cuenta que concentraciones entre 1 a 10 mmol/L de Cd ²⁺ pueden generar cambios morfológicos y desaceleración en la tasa de crecimiento.

⁶⁴ FUNDACIÓN ESPAÑOLA DEL ACEITE DE PALMA. Los ácidos grasos más presentes en el aceite de palma son el palmítico y el oleico. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://aceitedepalmasostenible.es/los-acidos-grasos-mas-presentes-aceite-palma-palmitico-oleico/>>

Tabla 9. (Continuación)

Materia prima	Función
Estabilizantes	Los estabilizantes son utilizados en la formulación como aditivos para favorecer la estabilidad del producto. Dentro de los estabilizantes utilizados para este tipo de productos se pueden hallar reguladores de viscosidad, humectantes, dispersantes, entre otros.
Aceites vegetales	El uso de aleación de aceites vegetales se hace con el fin de fomentar la conservación de los conidios dentro del producto, estableciendo un tiempo de vida útil determinado, sin embargo, este producto es un aditivo que puede tener efectos adversos en las paredes de la espora.
Emulsificante	Disminuir la tensión superficial entre las fases inmiscibles involucradas en aras de formar la emulsión esperada.

Fuente: elaboración propia, con base en PINEDA, Julio., BENAVIDES, Edmundo., DUARTE, Astrid., BURGOS, Cristian., SOTO, Claudia., PINEDA, Camilo., FIERRO, Fernando., MORA, Elsa, y ÁLVAREZ, Sandra. Producción de biopreparados de *Trichoderma spp*: una revisión. [En línea] [Citado el 08 de agosto de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894008.pdf>>

El agente activo utilizado en la producción del biofungicida Antígonic presenta tres tipos de propágulos (clamidosporas, hifas y conidiosporas) de las cuales los que presentan una mayor estabilidad para la generación de biopreparados son los conidiosporas, ya que presentan una gruesa pared tricapa que les permite sobrevivir a diferentes condiciones ambientales, hasta encontrar las indicadas para germinar. En este orden de ideas, se puede establecer la viabilidad del producto en base a la generación de esporas (conidios) independiente del tipo de fermentación que se esté utilizando.⁶⁵

1.4.1 Aplicación del biofungicida Antígonic. La aplicación del biofungicida se realiza de forma radicular, es decir, el producto se dispersa en la base de la planta. Teniendo en cuenta las características del agente activo como promotor de crecimiento, se busca inicialmente que el medio de cultivo sea beneficioso de esto. De igual forma, el *Trichoderma harzianum*, al requerir un porcentaje de humedad considerable para su desarrollo, se ve favorecido con este tipo de aplicación.

⁶⁵ PINEDA, Julio., BENAVIDES, Edmundo., DUARTE, Astrid., BURGOS, Cristian., SOTO, Claudia., PINEDA, Camilo., FIERRO, Fernando., MORA, Elsa, y ÁLVAREZ, Sandra. Producción de biopreparados de *Trichoderma spp*: una revisión. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894008.pdf>>

Se deben tener en cuenta ciertos aspectos a la hora de utilizar bioinsumos en el sector agrícola; inicialmente, es recomendado que la aplicación sea al poco tiempo de adquirir el producto, de lo contrario debe mantenerse refrigerado para asegurar la buena conservación de las esporas. Adicionalmente, es preferible que, al aplicar Antígonic, no se adicionen o mezclen otros tipos de fungicidas, especialmente los químicos, ya que pueden alterar la estabilidad del *Trichoderma harzianum*. Se recomienda que la aplicación del producto sea en las horas de la tarde, que tenga una correcta agitación y que se efectúe un riego después o previo a su utilización en aras de fomentar la germinación de esporas.⁶⁶

En la actualidad, la empresa Gestores del Campo S.A.S tiene una producción mensual de 1500 L/mensuales, donde cada litro de producto se encuentra a \$60,420 en el mercado, presentando una rentabilidad para la empresa superior al 30%.

A continuación, en la Tabla 10., se muestra un aproximado de los costos y cantidades usadas por parte de la empresa Gestores del Campo S.A.S para la producción del biofungicida Antígonic.

Tabla 10. Costos y cantidades de insumos para la producción de Antígonic

Materia prima	Cantidad	Precio
Fuente de carbono	10 gramos	\$4,000 COP/kg
Fuente de nitrógeno	15 gramos	\$2,200 COP/kg
Sales	7 gramos	\$6,000 COP/kg
Estabilizante L	300 MI	\$7,000 COP/L
Estabilizante S	10 gramos	\$5,500 COP/kg
Aceites vegetales	<95%	\$5,300 COP/L Antígonic
Emulsificante	<5%	\$1,625/L Antígonic
<i>Trichoderma harzianum</i>	1x10 ⁸ conidios/MI	-

Fuente: elaboración propia.

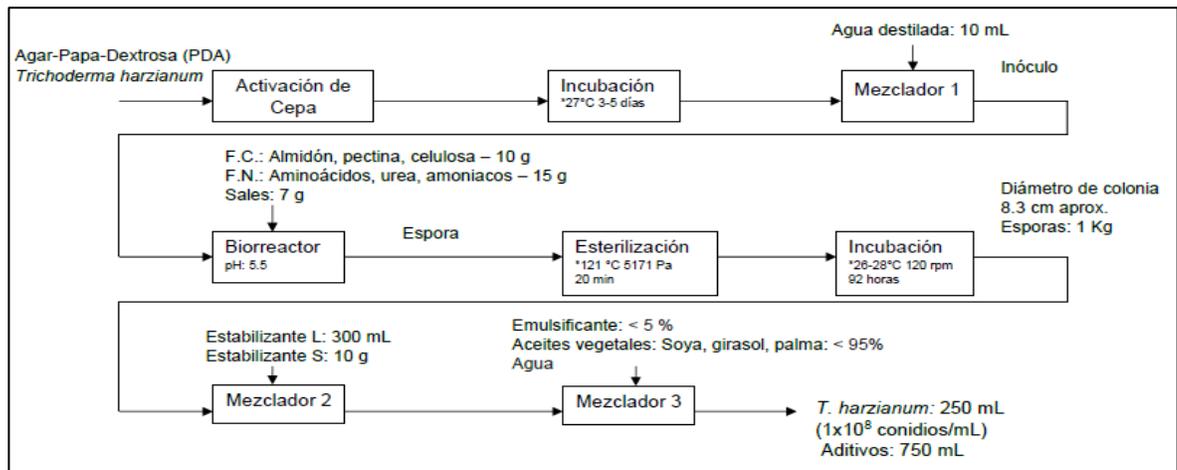
En la Tabla 10., se puede observar que los insumos que representan un mayor costo son los aceites y el emulsificante utilizado en la actualidad, en contraposición con aquellos utilizados en el medio de cultivo para el *Trichoderma harzianum*. Por esta razón, junto con la empresa Gestores del Campos S.A.S se considera la revisión de insumos para la posterior sustitución de estas materias en aras de generar una reducción en el costo del proceso productivo.

A continuación, en la Imagen 2., se muestra el diagrama de proceso propuesto para el proceso productivo de Antígonic en base a información suministrada por la

⁶⁶CHIRIBOGA, Hernán., GÓMEZ, Graciela. Y GARCÉS, Karla. *Trichoderma spp.* Para el control biológico de enfermedades. Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumo. 2015. [En línea] pp. 19-25.[Citado el 10 de agosto de 2020]. Disponible en: <<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2647/BVE17038725e.pdf;jsessionid=660F6D0D5390A2D2BCB29D600AC49657?sequence=1>>

empresa Gestores del Campo S.A.S y recopilaciones encontradas teniendo en cuenta las características de la formulación establecida.

Imagen 2. Diagrama de bloques estimado para el proceso productivo del biofungicida Antígonic por parte de la empresa Gestores del Campo S.A.S



Fuente: elaboración propia, con base en PINEDA, Julio., BENAVIDES, Edmundo., DUARTE, Astrid., BURGOS, Cristian., SOTO, Claudia., PINEDA, Camilo., FIERRO, Fernando., MORA, Elsa, y ÁLVAREZ, Sandra. Producción de biopreparados de *Trichoderma spp*: una revisión. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894008.pdf>>

1.5 CARACTERIZACIÓN DE ACEITES VEGETALES

Para poder empezar a indagar en aquellos sustitutos que puedan suplir las necesidades para la empresa Gestores del Campo S.A.S dentro del proceso productivo de Antígonic, es imperativo conocer las características de los aceites vegetales usados en la actualidad. Se indagará en las propiedades fisicoquímicas de cada uno, así como de las posibles propiedades antifúngicas que tengan dentro del sector agrícola.

1.5.1 Aceite de soya. La soya es un grano que se ha cultivado en Colombia por muchos años, antes de los años 80 su cultivo y producción era único para el Valle del Cauca luego de esto se logró expandir a otras zonas del país donde hoy día se encuentran cultivos en Huila, Tolima, Costa Atlántica y Llanos Orientales. La

contribución agroindustrial de esta semilla genera una demanda nacional que supera las 82,000 ton/año.⁶⁷

1.5.2 Características Físicoquímicas. El aceite de soya es un tipo de aceite vegetal que se obtiene del frijol de soya; se caracteriza por ser abundante en ácidos grasos poliinsaturados, más específicamente su composición en estos ácidos grasos es del 67%⁶⁸. A continuación, en la Tabla 11., se muestra un aproximado de los porcentajes de cada uno de esos ácidos grasos esenciales.

Tabla 11. Distribución de ácidos grasos poliinsaturados esenciales del aceite de soya

Ácidos Grasos Poliinsaturados (Esenciales) Porcentaje	
Ácido linoleico	55%
Ácido linolenico	7%

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 12., se presenta la cantidad de ácidos grasos permisibles en las especificaciones técnicas para el aceite de soya.

Tabla 12. Perfil de ácidos grasos para el aceite de soya

Perfil de Ácidos Grasos	Rango (%)
Ácido Mirístico	0.40 Máximo
Ácido Palmítico	9.5 – 13.3
Ácido Esteárico	3.0 - 5.4
Ácido oleico	17.7 - 28.5
Ácido Linoleico	49.0 - 57.1
Ácido Linolenico	5.5 - 9.5
Ácido Aracídico	0.1 -0.6
Ácido Behénico	0.5 Máximo

Fuente: INDUSTRIALIZADORA OLEOFINOS. Especificación técnica del Aceite de Soya. [En línea] [Citado el 18 de junio de 2020] Disponible en: <<https://oleofinos.com.mx/fichas/aceite%20de%20soya.pdf>>

⁶⁷ CORPOICA COAGRO. Potencialidades de la Soya y usos en la alimentación humana y animal. [En línea] [Citado el 18 de junio de 2020] Disponible en <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1196/41591_41560.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

⁶⁸ CENTRO DE ATENCIÓN INTRAMED. El aceite de soja es un importante elemento terapéutico-nutricional. [En línea] [Citado el 18 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.intramed.net/contenidover.asp?contenido=26269#:~:text=El%20aceite%20de%20soja%20contiene,vegetales%20comestibles%20apenas%20contienen%20trazas.>>

El aceite de soya es de color amarillo claro y brillante con olor y sabor neutro. Su proceso de elaboración debe cumplir con ciertas características que incluyen temperaturas de 230°C, esto con el fin de obedecer las normas sanitarias que incluyen un estricto orden en cuanto a la eliminación de posibles microorganismos patógenos que puedan estar presente debido a la ausencia de humedad.⁶⁹

1.5.2.1 Extracción del aceite de soya. Dentro de la composición de la soya entendida como semilla en su fase inicial, se establece que el 19%⁷⁰ corresponde a aceite donde cualquiera que sea su proceso de extracción ya sea en fase líquida o hidrogenada, se vende como aceite vegetal, el cual puede ser implementado en más de 10 industrias diferentes donde se destaca la industria de alimentos, biocombustibles y agrícola.

La extracción del aceite comienza con la reducción de las semillas con el fin de aumentar el diámetro de superficie en aras de favorecer el proceso, el cual se lleva a cabo con hexano comercial como solvente. En una segunda etapa sale una mezcla comprendida por aceite de soya y hexano el cual simplemente se evapora y es recirculado para su reutilización, asegurando el aprovechamiento total de las materias prima. Las posibles trazas de hexano que queden presentes son llevadas a una columna de separación donde en presencia de temperaturas altas se logra su remoción total. El aceite obtenido es el conocido aceite crudo que sirve para ser implementado en la industria que lo requiera⁷¹

1.5.3 Aceite de palma. La palma, planta de la cuál es proveniente el aceite vegetal con el mismo nombre, crece en climas cálidos y es considerado un “cultivo perdurable y pausado de largo rendimiento”⁷² cuya edad puede llegar hasta los 50 años aproximadamente.

Sus hojas tienen en promedio 6 metros de longitud y su fruto, es de color amarillo-naranja en la parte exterior y en la parte interior presenta una nuez. Esta parte de la planta puede llegar a medir entre 3 a 5 cm de largo.⁷³

⁶⁹ INDUSTRIALIZADORA OLEOFINOS. Especificación técnica del Aceite de Soya. [En línea] [Citado el 18 de junio de 2020] Disponible en: <[https://oleofinos.com.mx/fichas/aceite%20de %20soya.pdf](https://oleofinos.com.mx/fichas/aceite%20de%20soya.pdf)>

⁷¹SEITA. Producción del aceite de soya. [En línea] [Citado el 13 de julio de 2020] Disponible en: <[⁷² MUJICA, Carolina. Evolución del sector palmicultor. Universitaria de investigación y desarrollo. \[En línea\] \[Citado el 10 de julio de 2020\] Disponible en: <<https://www.udi.edu.co/images/investigaciones/publicaciones/libros/porter/08/Libro-EvoluciondelSectorPalmicultor.pdf>>](https://www.seita.com.co/aplicaciones/alimentos-y-bebidas/aceite-de-soya/#:~:text=Aceite%20de%20Soya-,Aceite%20de%20Soya,t%C3%ADpicamente%20un%2019%20%25%20de%20aceite.&text=La%20etapa%20de%20refinaci%C3%B3n%20est%C3%A1,la%20neutralizaci%C3%B3n%20o%20refinaci%C3%B3n%20ca%C3%BAstica.>></p></div><div data-bbox=)

⁷³ Ibid

1.5.3.1 Extracción de aceite vegetal. Dentro del proceso de extracción, inicialmente se debe escoger aquel fruto que se encuentre ya en su fase de maduración con un color rojizo – anaranjado. Posterior a esto se realiza la esterilización de éste mediante un tratamiento térmico con vapor a una temperatura superior a los 45°C y una presión de 2.65 a 3 kg/cm² por un tiempo de 45 minutos, esto con el fin de eliminar las enzimas degradadoras del aceite.⁷⁴

Prosiguiendo con el proceso de extracción se realiza un desgranado y un macerado de la pulpa haciendo uso de un molino de dientes en aras de romper las células aceitosas, acto seguido se somete a un prensado para separar el aceite y la fibra. Dentro del proceso industrial son utilizadas prensas de tipo hidráulico de tornillo que tienen una mayor capacidad y rendimiento en la extracción. Finalmente, el aceite se somete a un centrifugado a 4300 rpm para reducir el grado de impurezas por tiempo estimado de un minuto.⁷⁵

1.5.3.2 Propiedades nutricionales del aceite de palma. Teniendo una base de cálculo de 100 gramos y en base a la información registrada por Mujica en su libro Evolución del sector palmicultor, se identifican en la Tabla 13., los compuestos presentes en el aceite de palma, dentro del cual se puede encontrar una gran cantidad de grasas que le otorgan un beneficio dentro de la investigación y/o producción de diversos productos como lo es el biodiesel.

Tabla 13. Composición nutricional del aceite de Palma

Compuesto	Cantidad
Calorías	884 kcal
Proteína	0.00 g
Grasa	100.00 g
Cenizas	0.00 g
Carbohidratos	0.00g
Fibra	0.00 g
Calcio	0.00 mg
Hierro	0.01 mg
Fosforo	0 mg
Vitamina E	15.94 g

Fuente: MUJICA, Carolina. Evolución del sector palmicultor. Universitaria de investigación y desarrollo. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en:<<https://www.udi.edu.co/images/investigaciones/publicaciones/libros/porter/08/Libro-EvoluciondelSectorPalmicultor.pdf>>

⁷⁴ Ibíd.

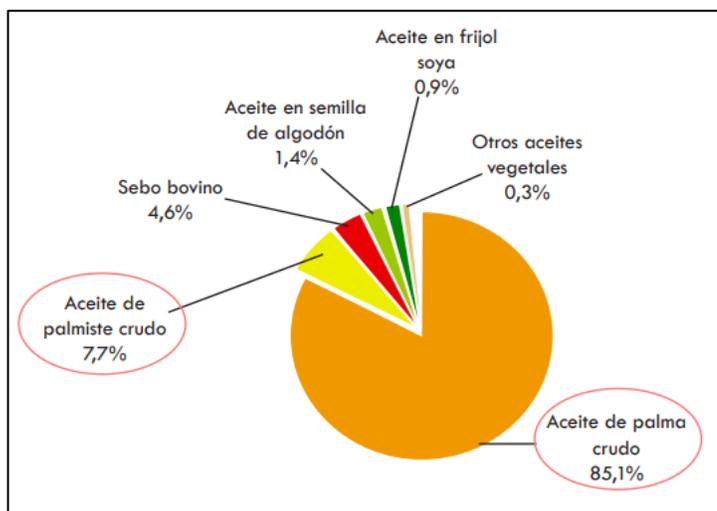
⁷⁵ Ibid

El rendimiento que se obtiene en la extracción del aceite vegetal puede considerarse eficiente, con una tasa de extracción del 25%, siendo Malasia uno de los países con mayor producción de aceites, en donde algunas parcelas experimentales, con 45 toneladas de racimos de fruta se pueden obtener aproximadamente 10 toneladas de aceite. 76

1.5.3.3 Producción de aceite de palma en Colombia. Colombia que aprovecha su biodiversidad a lo largo de los años, ha ido perfeccionando la producción de aceite de palma debido a su alta rentabilidad y posibilidad de exportación a otros países tales como Reino Unido en un 48%, España en un 21.7% y Alemania en un 11.1%.⁷⁷

En la Imagen 3., se aprecia la producción de diversos tipos de aceites extraídos en Colombia, del cual se puede resaltar el aceite de palma crudo con 85.1%, presentando una ventaja adicional al momento de su obtención.

Imagen 3. Porcentaje de producción para diferentes tipos de aceites en Colombia



Fuente: MUJICA, Carolina. Evolución del sector palmicultor. Universitaria de investigación y desarrollo. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.udi.edu.co/imagenes/investigaciones/publicaciones/libros/porter/08/Libro-EvoluciondelSectorPalmicultor.pdf>>

⁷⁶ Ibid.

⁷⁷ Ibid.

1.5.4 Aceite de girasol. Es considerado el cuarto aceite con mayor importancia a nivel mundial teniendo en cuenta sus propiedades nutricionales y el incremento en su consumo durante los últimos años.⁷⁸

El aceite de girasol, es proveniente de la semilla del girasol, una planta originaria del continente americano y hasta el siglo XIX se comenzó la explotación industrial para este tipo de aceite.⁷⁹

1.5.5 Proceso de extracción para el aceite de girasol. Inicialmente se realiza un proceso de descascarillado para eliminar y separar todas las impurezas presentes en las semillas; en segunda instancia se procede a una trituración en aras de romper las células vegetales y posteriores a eso, y de igual forma que para el aceite de palma, se lleva el triturado a una prensa para obtener el aceite. Finalmente, se realiza un refinado para eliminar todas las posibles impurezas que hayan quedado de las fases previas y disminuir su grado de aceites.⁸⁰

1.5.5.1 Propiedades nutricionales del aceite de girasol. Dentro de su composición se encuentra que el 99% son grasas, dentro de los cuales se puede encontrar ácidos grasos poliinsaturados (61.40g/100g) como lo son el ácido linoleico y el ácido linolenico.⁸¹

A continuación, en la Tabla 14., se puede observar los valores nutricionales de mayor relevancia encontrados para 100 mL de aceite de girasol.

Tabla 14. Valor nutricional por cada 10mL de aceite de girasol

Calorías	Grasa total (g)	Ácidos grasos saturados (g)	Ácidos grasos monoinsaturados (g)	Ácidos grasos poliinsaturados (g)	Vitamina E (g)
899	99.9	11.8	28.6	45	

Fuente: ZUDAIRE, Maite. 11 de abril de 2009. El aceite de girasol. Eroski Consume. [En línea] [Citado el 13 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.consumer.es/alimentacion/el-aceite-de-girasol.html>>

⁷⁸ FAO y OMS. Documento de debate sobre una propuesta para la enmienda de la noma del codex sobre aceites vegetales especificados para girasol. 2013. Comisión del codex alimentarius. Argentina. [En línea] [Citado el 13 de julio de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCFO/ccfo23/fo23_05s.pdf>

⁷⁹ S.N. Aceites y grasas. Aceite de girasol. [En línea] [Citado el 13 de julio de 2020] Disponible en: <http://formacion.intef.es/pluginfile.php/213199/mod_imscp/content/16/59-aceitegirasol.pdf>

⁸⁰ ZUDAIRE, Maite. 11 de abril de 2009. El aceite de girasol. Eroski Consume. [En línea] [Citado el 13 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.consumer.es/alimentacion/el-aceite-de-girasol.html>>

⁸¹ Ibid.

1.5.5.2 Producción de aceite de girasol en Colombia. Dentro de la base de datos Actualix, se logra encontrar la producción anual de aceite de girasol en Colombia hasta el año 2013 como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Producción anual para el aceite de girasol en Colombia.

Producción en toneladas	Año
865	2013
675	2012
385	2011
452	2010
503	2009
172	2008

Fuente: ACTUALIX. Colombia: Aceite de girasol-Producción (Toneladas). [En línea] [Citado el 13 de julio de 2020] Disponible en: <[https://es.actualitix.com/pais/col/colombia-aceite-de-girasol-produccion.php#:~:text=Colombia%20%3A%20Ranking%20%2D%20Aceite%20de%20girasol%20%2D%20Producci%C3%B3n%20\(Toneladas\)&text=El%20resultado%20es%20%3A1.856%20Toneladas](https://es.actualitix.com/pais/col/colombia-aceite-de-girasol-produccion.php#:~:text=Colombia%20%3A%20Ranking%20%2D%20Aceite%20de%20girasol%20%2D%20Producci%C3%B3n%20(Toneladas)&text=El%20resultado%20es%20%3A1.856%20Toneladas)> S. >

Teniendo en cuenta el “Documento de debate sobre una propuesta para la enmienda de la norma del codex sobre aceites vegetales especificados para girasol” en donde se establece que para los años 2008/2009 la producción mundial del aceite de girasol fue de 11,674,000 toneladas y para la cual, Argentina tuvo un aporte de 1,785,000 toneladas situándose en el cuarto lugar como productor por debajo de Ucrania, la Federación de Rusia y la Unión Europea, se puede establecer, observando los datos registrados en la Tabla 11 que Colombia aún se encuentra muy por debajo de una producción de aceite de girasol que sea competitiva con las de otros países en el mercado.

Como se ha venido mencionando, en la actualidad la llamada química verde y la innovación en productos cuyo impacto ambiental sea mínimo, se ha convertido en un factor indispensable dentro del desarrollo de cualquier empresa. Por tal motivo, y destacando el sector agrícola al cual pertenece Gestores del Campo S.A.S, la empresa ha decidido enfocarse en la generación de insumos amigables con el medioambiente y de origen biológico para el control de patógenos en el área de cosecha de diferentes tipos de cultivo.

Teniendo presente que hoy en día en el mercado se encuentran más empresas en desarrollo de este tipo de productos Gestores del Campo S.A.S se interesa en crear bioinsumos de buena calidad y que sean accesibles para todo tipo de cliente, satisfaciendo las necesidades para las cuales fueron creados y posicionándose, así como una empresa competitiva frente a las demás.

Al analizar las distintas formulaciones que existen para el ingrediente activo, el hongo *Trichoderma harzianum*, se logra identificar la fermentación líquida o sumergida como la más adecuada debido a sus características de producción a gran escala, adicionalmente, la empresa Gestores del Campo S.A.S actualmente está comercializando el biofungicida Antígonic y cuenta con clientes fidelizados, por lo que cambiar este proceso podría generar efectos adversos en el mercado y la distribución del producto

Se pudo establecer que el *Trichoderma harzianum* presenta tres tipos de propágulos, de los cuales se destacan las conidiosporas para la generación de biopreparados, ya que, al tener una gruesa pared tricapa, su estabilidad a diversas condiciones ambientales se ve favorecida. De igual forma, es importante resaltar que, para favorecer y/o mantener la calidad del producto, éste debe aplicarse al momento de su obtención o mantenerse refrigerado, así como también utilizarse directamente en el suelo, cerca de las raíces del cultivo, en aras de favorecer tanto la germinación del hongo antagonista como sus propiedades promoviendo el crecimiento.

A lo largo del capítulo se mencionaron las características de los biofungicidas y los métodos bajo los cuales se pueden formular teniendo en cuenta el agente activo; adicionalmente en la Imagen 2, se puede observar un prototipo para el proceso productivo de Antígonic que recopila datos reales de la empresa Gestores del Campo S.A.S y, teniendo en cuenta los códigos y normas de confidencialidad manejadas por ésta, se complementó el diagrama en base a artículos científicos acordes al tema. Teniendo en cuenta la información allí descrita (Imagen 2), junto con los datos de la Tabla 10, que muestran los valores de las materias primas para la producción del Antígonic, se puede identificar que el aceite, presente en la última etapa del proceso, es usado en mayor cantidad en contraste con otros insumos y a su vez, representa un mayor costo dentro de la generación de un litro de producto.

En este orden de ideas, se procede a realizar un análisis para identificar los atributos de este insumo dentro de la formulación del biofungicida Antígonic y tomando como base información bibliográfica, poder establecer aquellos aceites que puedan llegar a suplir dicha necesidad sin alterar la calidad del producto y logrando una disminución en el costo de operación para la empresa Gestores del Campos S.A.S.

2. SELECCIÓN DE INSUMOS SUTITUTOS

Teniendo en cuenta el diagnóstico realizado para el biofungicida Antígonic de la empresa Gestores del Campo S. A. S, se pudo establecer que el aceite utilizado para la generación del producto presenta el costo más elevado en contraste con otros insumos como lo son fuentes de carbono, fuentes de nitrógeno, etc. Es por esta razón, que para el buen desarrollo del proyecto se procede a realizar una investigación bibliográfica acerca del potencial y atributos presentes en diferentes clases de aceites dentro del sector agrícola, especialmente para el control de agentes patógenos en aras de encontrar un sustituto que supla las necesidades designadas para el biofungicida Antígonic, sin alterar la calidad del producto y logre una reducción económica dentro del proceso productivo.

2.1 MÉTODOS PARA LA CONSERVACIÓN DE HONGOS FILAMENTOSOS

El control biológico es la regulación de la población patógena, organismo que afecta un cultivo agrícola y genera pérdidas económicas⁸². Esta nueva acción ha sido adoptada y regulada debido a que la mayoría de sus técnicas de implementación son basadas en hongos y bacterias que ayudan al control altamente efectivo del manejo fitosanitario. La industria agrícola ha escalado positivamente en la ecología verde donde la micología ha ayudado a este gran avance agroindustrial permitiendo conocer los beneficios que aportan estos microorganismos.

Para conservar la viabilidad de las bacterias y hongos filamentosos que se relacionan con los biofungicidas es necesario el desarrollo de técnicas óptimas que garanticen la conservación de las características y morfologías de estos.⁸³

Los procedimientos industriales más utilizados para la conservación de hongos son: El cultivo periódico en cuñas de agar bajo aceites minerales, conservación de esporas en tierra, arena o silica gel; cepas liofilizadas, congelación en nitrógeno líquido y en agua destilada. Estos métodos se pueden agrupar en tres apartados: Modelos de elección o de conservación a largo plazo, mediano plazo y otros métodos. (García y Uruburu, 1991)⁸⁴.

Con el objetivo de obtener productos fúngicos de alta calidad y que el bioinsumo final tenga una vida prolongada, es necesario también una correcta formulación para que factores como humedad y temperatura se mantengan dentro de los porcentajes

⁸² FELIX, Iván. Biofungicidas y sus mecanismos de acción en el manejo de enfermedades ocasionadas por hongos en los cultivos. [En línea] 2018, [Citado el 28 de junio de 2020] Disponible en: <<https://blogdefagro.com/2018/09/27/biofungicidas/>>

⁸³ ANGEL ALARCON, Dilia Imey. Evaluación de técnicas de conservación para hongos filamentosos y levaduriformes en el cepario de la Pontificia Universidad Javeriana. [En línea] 2006, [Citado el 28 de junio de 2020] pp. 19-23. Disponible en <<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis260.pdf>>

⁸⁴ Ibid.

establecidos y así lograr el éxito total de un biofungicida. (Jenkins y Grzywacz, 2003; Elósegui, 2006a; Fernández-Larrea, 2006a; Alves y Batista, 2007)⁸⁵.

2.1.1 Métodos de conservación a largo plazo. Se destaca por la paralización del crecimiento de las células microbianas, garantizando al máximo la estabilidad genética se encuentra la liofilización y congelación (Jenkins y Grzywacz, 2003)⁸⁶.

2.1.1.1 Liofilización. Es un método de preservación a largo término de bacterias, hongos, levaduras y virus. Su principio básico para hongos es congelar la suspensión conidial y remover el agua por sublimación mediante vacío (Ángel Alarcón, 2006). Para liofilizar se usan comúnmente dos métodos, el pre-congelamiento y la centrifugación. Para lograr una mejor estabilidad se utilizan soluciones crioprotectoras con el fin de evitar la formación de cristales a nivel celular (Malik y Hoffman, 1989). Se ha encontrado que el periodo de viabilidad para los hongos conservados bajo este método es de 23 años aproximadamente (Smith y Onions, 1994)⁸⁷.

Este procedimiento suele ser muy utilizado para hongos que forman esporas y producen un número de 10 Mn o menos de diámetro, esto porque las esporas largas colapsan en el proceso de liofilización y este daño no es reversible. De igual manera, un número considerable de esporas de tamaño de diámetro adecuado también suelen morir durante el proceso de congelación por la formación de cristales de hielo (Nakasone, 2004)⁸⁸.

En cuanto a informes acerca de la conservación de hongos bajo este método se encuentran entomopatógenos como *Beauveria bassiana* (Balsamo), *Vuillemin*, *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) *Sorokin* (Rodríguez, 1999; Vélez y Estrada, 2003), *Nomuraea rileyi* (Farlow) *Samson*, *Paecilomyces farinosus* *Dicks*, *P. fumosoroseus* (Wize) y *P lilacinus*⁸⁹.

2.1.1.2 Criocongelación. Este método consiste en el almacenamiento del microorganismo a temperaturas muy bajas donde pueden ser preservados de -5 a -20°C por periodos de hasta 2 años. Existen también periodos de excesiva congelación donde se hace necesario el uso de crioprotectores como el glicerol o el dimetil sulfóxido (DMSO) esto para casos donde los almacenamientos llegan a

⁸⁵ GATO, Yohanna. Reseña de “Métodos de conservación y formulación de *Trichoderma harzianum* Rifa” [En línea] pp. 15 [Citado el 28 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2091/209115199008.pdf>>

⁸⁶GATO, Yohanna. Reseña de “Métodos de conservación y formulación de *Trichoderma harzianum* Rifa” [En línea] pp. 20[Citado el 28 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2091/209115199008.pdf>>.

⁸⁷Ibid.

⁸⁸Ibid.

⁸⁹Ibid.

temperaturas como los -70°C o cuando se utiliza nitrógeno líquido de -156 a -196°C ⁹⁰.

Existen muchos factores que afectan la viabilidad de los cultivos en el proceso de congelación, como lo son:

- ✓ Edad de las células. En este factor, es conveniente utilizar células maduras para el inicio de la fase estacionaria de la curva de crecimiento.
- ✓ Velocidad de congelación y descongelación. Las variaciones de temperatura deben ser rápidas, por lo cual para cualquiera de las dos etapas se recomienda poner las células a 37°C .
- ✓ Temperatura de almacenamiento: Es importante que sea lo más baja posible usando tubos cerrados o sellados donde las células microbianas estén suspendidas en nitrógeno líquido a 195°C .
- ✓ Empleo de agentes crioprotectores. Su función radica en proteger las células de posibles daños que puedan ocurrir en el momento de la congelación

2.1.2 Métodos de conservación a corto plazo. Estos métodos van directamente relacionados al mantenimiento de las cepas, donde se necesiten cultivos que se preserven hasta por un año (Nakasone, 2000). Para este tipo de conservación, diversos autores como García y Uruburu (1991) recomiendan no usar un solo método sino la conservación del microorganismo empleando varios métodos, dentro de los cuales destacan las mostradas a continuación⁹¹.

2.1.2.1 Cultivo seriado. Consiste principalmente en resembrar el microorganismo cada cierto tiempo en un medio de cultivo adecuado, regularmente se usa agar inclinado como medio sólido ya que se logra una mejor detección de contaminantes y de manera inclinada para así evitar la desecación rápida del medio. Este método funciona para periodos cortos de tiempo establecidos entre una semana o máximo 15 días, ya que su eje de trabajo consiste en una resiembra constante y el no hacerlo puede ocasionar altas probabilidades de contaminación⁹².

⁹⁰ ANGEL ALARCON, Dilia Irney. Evaluación de técnicas de conservación para hongos filamentosos y levaduriformes en el cepario de la Pontificia Universidad Javeriana. [En línea] 2006, [Citado el 28 de junio de 2020] pp. 20-23. Disponible en <<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis260.pdf>>

⁹¹ GATO CÁRDENAS, Yohanna. Reseña de "Métodos de conservación y formulación de *Trichoderma harzianum Rifai*" [En línea] [Citado el 28 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2091/209115199008.pdf>>

⁹² ANGEL ALARCON, Dilia Irney. Evaluación de técnicas de conservación para hongos filamentosos y levaduriformes en el cepario de la Pontificia Universidad Javeriana. [En línea] 2006, [Citado el 28 de junio de 2020] pp. 22-30. Disponible en <<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis260.pdf>>

Un factor esencial es la temperatura, y si las cepas están expuestas a un mismo medio por más de 15 días tenderán a acomodarse a la temperatura ambiente lo que puede ocasionar un crecimiento acelerado y por consecuencia, el cambio de sus características genéticas (mutación, pérdida de plásmidos, entre otras) y así cambiar el factor por el cual fue seleccionado (Mateos, 2002)⁹³.

2.1.2.2 Conservación por suspensión en agua destilada. En 1939 Castellani dio los primeros pilares investigativos para este medio de conservación (Jong y Atkins, 1986). Es un método altamente efectivo ya que genera altos porcentajes de viabilidad para distintas cepas de hongos dentro de las cuales resaltan las especies de *Phytophthora*, *Pythium*, ascomicetos, basidiomicetos y hongos mitospóricos (Smith y Onions, 1994), donde la vida útil del cultivo lograba alcanzar los 7 años (Jong y Birmingham, 2001)⁹⁴.

El método de conservación por suspensión en agua destilada consiste en la suspensión de células como conidios, esporas, esclerocios, entre otras, en agua estéril y los resultados obtenidos arrojan viabilidad superior a los 5 años, sin embargo, en cuanto a factores como virulencia y poder fermentativo aún no hay resultados claros ni característicos (García y Uruburu, 1991)⁹⁵.

2.1.2.3 Conservación con aceite mineral. La primera vez que se utilizó este método fue en 1947 por Buell y Weston, su trayectoria siguió hasta Dade (1960), Fennell, (1960), Little y Gordon, (1967), Smith (1970) y Onions (1971-1977), con frutos sumamente exitosos registrados por Smith y Onions en 1994).⁹⁶

- ✓ **Composición del aceite mineral.** El aceite mineral es un compuesto de aceites lubricantes producidos a partir del petróleo, materias aceitosas que contienen como principal componente mezclas de hidrocarburos alifáticos de base parafínica (Raymond, 1980).
- ✓ **Principio del método.** Consiste en recubrir con aceite mineral estéril un cultivo que se encuentre en condiciones óptimas de crecimiento micelial y esporulación (Jong y Atkins, 1986). La implementación de este método registra altos resultados en la disminución de posibles deshidrataciones del medio; de igual forma, factores como la tensión de oxígeno es menor e infestaciones por ácaros son prácticamente nulas (John y Birmingham, 2001). Aunque se usa

⁹³ ANGEL, Dilia. Evaluación de técnicas de conservación para hongos filamentosos y levaduriformes en el cepario de la Pontificia Universidad Javeriana. [En línea] 2006, [Citado el 28 de junio de 2020] pp. 20-23. Disponible en <<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis260.pdf>>

⁹⁴ Ibid.

⁹⁵ Ibid.

⁹⁶ Ibid.

principalmente para hongos esporulados, también sirve para las formas no micelares o no esporuladas⁹⁷.

2.1.3 Otros métodos. Este grupo se integra para aquellos tipos de hongos que no pueden ser conservados o que no resisten los anteriores métodos mencionados, como por ejemplo el género bacteriano *Spirillum* y el *Rhodospirillum*. Los siguientes métodos se basan en la paralización del crecimiento por la eliminación de agua disponible para las células de las cepas (García y Uruburú, 1991)⁹⁸.

2.1.3.1 Conservación en suelo. Es implementado principalmente en laboratorios industriales que manejan cultivos de alta importancia comercial (Jong y Atkins, 1986). Se utiliza también para cepas que producen esporas y estructuras de resistencia las cuales pueden almacenarse en diferentes sustratos como arena, papel de filtro, porcelana, entre otros y consiste en esterilizar el suelo que va a ser utilizado como medio para el inóculo. Los microorganismos que han registrado viabilidad de hasta 3 años en temperatura ambiente con este método son el *Penicillium sp* y *Fusarium sp* los cuales lograron preservar en su totalidad sus características. Un segundo experimento logró demostrar que al someter las mismas cepas a una temperatura de refrigeración de 5 °C su viabilidad aumentó hasta 8 años respectivamente (Jong y Birmingham, 2001)⁹⁹.

2.2 MANTENIMIENTO Y VIABILIDAD DE HONGOS

Un cambio normal que se ve durante la vida útil de un hongo es la degeneración celular del mismo, siendo este uno de los factores más importantes a la hora de evaluar las técnicas de preservación que se utilizaran. Así mismo para evitar la degeneración y el envejecimiento de las cepas es necesario evaluar otros componentes como: carencia o agotamiento de los nutrientes en el medio de cultivo, acumulación de secreciones tóxicas propias del metabolismo del hongo, alteraciones del pH en el medio (por acidez o alcalinidad cual corresponda), disminución en la concentración de oxígeno y la acumulación de dióxido de carbono (CO₂) (Gerticem, 2004)¹⁰⁰.

2.3 FORMULACIÓN DEL *Trichoderma harzianum*

La estabilidad de un biofungicida debe estar comprendida entre 6 a 18 meses bajo condiciones normales de almacenamiento para que sea comercialmente aceptable; (Caraballo, 1998) y si es con fines de exportación con alta demanda, debe cumplir

⁹⁷ ANGEL, Dilia. Evaluación de técnicas de conservación para hongos filamentosos y levaduriformes en el cepario de la Pontificia Universidad Javeriana. [En línea] 2006, [Citado el 28 de junio de 2020] pp. 20-23. Disponible en <<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis260.pdf>>

⁹⁸ Ibíd.

⁹⁹ Ibíd.

¹⁰⁰ Ibíd.

con estándares de al menos 3 a 6 meses de vida útil (Sanyang, 2000. Fernández Larrea, 2006)¹⁰¹.

El ingrediente activo en la formulación es un factor esencial para la viabilidad comercial de un biofungicida, actualmente no se han logrado productos destinados al biocontrol que de forma estable conserven sus características iniciales. Existen diversos parámetros que se deben tener estables para un correcto funcionamiento dentro de los cuales destacan:

2.3.1 Temperatura y humedad relativa. Estos son los parámetros más importantes en el crecimiento del *Trichoderma harzianum* (Jenkins y Grzwzac, 2003); para el cual, el proceso de empacado garantizara la buena viabilidad del biofungicida. Se deben obtener humedades relativas bajas y temperaturas inferiores a 20 °C para lograr un preparado viable de 3 a 6 meses¹⁰².

La refrigeración de esporas debe tener temperaturas de 5 °C con humedad relativa menor al 11% en su etapa final de producción, estos son los parámetros más adecuados y tecnológicamente posibles, sin embargo, económicamente no son viables (Elósegui, 2006), es allí donde el ajuste económico basado en lo anteriormente mencionado depende de los productores donde, de acuerdo con la sobrevivencia final conseguida, puedan sugerir un costo más rentable¹⁰³.

2.3.2 Biodegradabilidad. Este factor está directamente relacionado con la humedad y la temperatura de manera que se busca un equilibrio entre el rango de permisibilidad en contaminantes y los aceptados por el biofungicida. Se debe tener en cuenta que este factor puede dañar la formulación causando a corto o mediano plazo un deterioro en el almacenaje. Estabilizantes como los aceites vegetales causan daños en la pared de la spora y la vuelven no viable en cuestión de 1 o 2 semanas (Jenkins y Grzywzac, 2003. Sanyang, 2000)¹⁰⁴.

2.4 ACEITES USADOS EN EL SECTOR AGRÍCOLA

La contaminación fúngica de los productos agrícolas y cómo combatirla es uno de los retos más importantes de la industria. Para poder ser rentables, ofrecer productos saludables y menos contaminados, se han analizado diversos

¹⁰¹ CLARO ELÓSEGUI, Orestes; LARRETA VEGA, Orietta; PONCE, Enrique; BORGUES MARÍN, Giovanni; ROVESTI, Luciano; JIMÉNEZ RAMOS, Jesús. Colecta de esporas de *Trichoderma Harzianum* Rifai cepa A34 por lecho fluidizado y ciclón dual Y por tamizaje vibratorio. [En línea] [Citado el 28 de junio de 2020] Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-30092009000400007>

¹⁰² GATO CÁRDENAS, Yohana. Reseña de "Métodos de conservación y formulación de *Trichoderma harzianum* Rifai". [En línea] 2010, vol.14, [Citado el 28 de junio de 2020] pp. 189-195. Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2091/209115199008.pdf>>

¹⁰³ Ibid.

¹⁰⁴ Ibid.

compuestos que han resaltado por sus propiedades antibacterianas y antifúngicas. En este orden de ideas, aquellos compuestos que han estado en auge en el comercio por sus resultados positivos dentro del sector agroindustrial han sido los aceites. A continuación, se expondrá cuáles son esos atributos que hacen de los aceites una gran materia prima para la industria agrícola y el control de enfermedades a través de su implementación en biofungicidas. La información presentada es de carácter bibliográfico.

2.4.1 Aceite mineral. Dentro de los métodos de conservación anteriormente mencionados, el aceite mineral se incluye en los de carácter alternativo. Es comúnmente utilizado para la conservación de micelios u hongos no esporulados y para aquellos casos en los cuales los métodos convencionales como la liofilización o la ultracongelación no son recomendados. Según los años de estudio que lleva este método, diversos autores y micólogos han establecido una viabilidad de hasta 32 años a temperatura ambiente o en rangos de 15 °C y 20 °C para hongos filamentosos sometidos a capas de aceite mineral (Homolka, 2014; Nakasone, 2004)¹⁰⁵.

Su implementación se da una vez que el cultivo ha llegado a su etapa de desarrollo en medio sólido, en el cual ya se procede a cubrirlo completamente en una fina capa de aceite mineral estéril o en otros casos, vaselina estéril, con el fin de evitar el incremento de la presión osmótica que se genera por la concentración de solutos en el medio que en la mayoría de casos genera alteraciones morfológicas en los cultivos. Adicional a esto la implementación de aceite mineral también contribuye a que la presencia de oxígeno sea mínima evitando mutaciones por crecimiento no deseado¹⁰⁶.

El *Trichoderma harzianum*, dentro de su proceso de acción micoparasitaria secreta enzimas como quitinasa, proteasa, entre otras; las cuales hidrolizan la pared celular del agente fitopatógeno, provocan una retracción de la membrana plasmática y desorganizan el citoplasma inhibiendo la germinación de esporas de los hongos que parasita. Se han establecido estudios que muestran al aceite mineral como promotor en la producción de quitinasa dentro del hongo estudiado, aportándole un valor agregado al proceso productivo del biofungicida Antígonic.¹⁰⁷

¹⁰⁵ BERMEO ESCOBAR, Laura Patricia. Influencia de tres métodos de conservación sobre la estabilidad y producción del hongo *pleurotus ostreatus*. [En línea] 2017, [Citado el 29 de junio de 2020] pp. 30-33. Disponible en <<http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1789/Laura%20Patricia%20Bermeo%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

¹⁰⁶ *Ibid.*

¹⁰⁷ HERNANDEZ Dulce, FERRERA Ronald, ALARCÓN Alejandro. *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. 2019. Chilean J. Agric. Agro-ciencia. [En línea] Vol. 35. [Citado el 12 de agosto de 2020.] Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902019000100098>

Como método alternativo es de los más económicos ya que no requiere la intervención de equipos costosos, y la viabilidad de las especies que son intervenidas se mantiene. Después de un estudio inicial con las primeras capas de aceite, las cepas pueden llegar a durar refrigeradas por varios periodos de años (Rico, 2004; Panizo, 2005)¹⁰⁸.

2.4.1.1 Desventajas. Dentro de las desventajas que se puede encontrar la probabilidad de contaminación por ingreso de otros hongos, el retraso en el crecimiento de las cepas recuperadas y, como anteriormente se mencionó, la posible continuidad en el crecimiento del hongo, generando mutaciones del mismo (Montesinos, 2015)¹⁰⁹.

2.4.1.2 Viabilidad. Para poder evaluar la viabilidad de la implementación de aceite mineral como conservante se establecen parámetros como el crecimiento durante períodos de tiempo en cajas petri donde factores como color, aspecto, topografía, superficie, forma y borde del cultivo deben permanecer estables.

2.4.1.3 Pureza. La pureza que puede dar un cultivo al implementar aceite mineral, está dado por la presencia de colonias contaminantes, levaduras y otros hongos lo cual anteriormente se contempló en las desventajas, sin embargo, autores como Bermeo, L (2017) mediante estudios realizados en el Instituto de Microbiología y Biotecnología Agroindustrial de la Universidad Católica de Manizales han establecido en sus estudios con hongos filamentosos y aceite mineral, que los grados de pureza se conservan en casi su totalidad, ya que en el 98% de las pruebas realizadas se han encontrado únicamente crecimientos de micelios blancos y filamentosos siendo este aspecto característico de los hongos¹¹⁰.

2.4.1.4 Eficiencia biológica. La eficiencia biológica para el aceite mineral se realiza sobre las unidades experimentales correspondientes y la cantidad de hongos cosechados en kg, lo cual se puede expresar en la Ecuación 1, en donde la masa de hongo frescos representada en kilogramos, es dividida en la masa de sustrato seco a la siembra, en la misma unidad de medida, cuyo resultado es multiplicado por cien para así obtener el porcentaje correspondiente a la eficiencia biológica.¹¹¹.

¹⁰⁸ Ibid.

¹⁰⁹ BERMEO ESCOBAR, Laura Patricia. Influencia de tres métodos de conservación sobre la estabilidad y producción del hongo *pleurotus ostreatus*. [En línea] 2017, [Citado el 29 de junio de 2020] pp. 30-33. Disponible en <<http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1789/Laura%20Patricia%20Bermeo%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

¹¹⁰ Ibid.

¹¹¹ BERMEO ESCOBAR, Laura Patricia. Influencia de tres métodos de conservación sobre la estabilidad y producción del hongo *pleurotus ostreatus*. [En línea] 2017, [Citado el 29 de junio de 2020] pp. 30-33. Disponible en <<http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1789/Laura%20Patricia%20Bermeo%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

Ecuación 1. Cálculo de la eficiencia biológica

$$EB = \frac{\text{Masa de hongos fresos (kg)}}{\text{Masa de sustrato seco a la siembra (kg)}} \times 100\%$$

Fuente: BERMEO, Laura. Influencia de tres métodos de conservación sobre la estabilidad y producción del hongo *pleurotus ostreatus*. [En línea] 2017, [Citado el 29 de junio de 2020] pp. 30-33. Disponible en <<http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1789/Laura%20Patricia%20Bermeo%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

2.4.1.5 Tasa de productividad. La tasa de productividad es un estándar que se calcula para determinar si el método de conservación fue el adecuado y sirve para la cepa que se analizó. La eficiencia biológica hallada en la Ecuación 1 es de importancia para este cálculo¹¹².

La tasa de productividad se determina mediante la Ecuación 2., que se muestra a continuación.

Ecuación 2. Cálculo de la tasa de productividad

$$TP: \frac{\text{Eficiencia biológica}}{\text{Tiempo en días} \times (\text{inoculación} - \text{cosecha})} \times 100\%$$

Fuente: BERMEO ESCOBAR, Laura Patricia. Influencia de tres métodos de conservación sobre la estabilidad y producción del hongo *pleurotus ostreatus*. [En línea] 2017, [Citado el 29 de junio de 2020] pp. 30-33. Disponible en <<http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1789/Laura%20Patricia%20Bermeo%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

Aceites esenciales. Son aquellos compuestos volátiles que a través de procesos como fermentación y extracción son sintetizados por plantas aromáticas. Sus aceites son originarios de las flores, raíces, hojas, semillas, entre otros, de la planta que se escoja y se caracterizan por tener propiedades protectoras como antivirales, antifúngicos e insecticidas (Bakkali, 2008)¹¹³.

¹¹² Ibid.

¹¹³ MONTOYA CADAVID, Gildardo de Jesús. Aceites Esenciales una alternativa de diversificación para el eje cafetero. [En línea] [Citado el 2 de julio de 2020] Disponible en: <<http://www.bdigital.unal.edu.co/50956/7/9588280264.pdf>>

Numerosos estudios han resaltado la acción microbiana y antifúngica de los aceites esenciales, sin embargo no todos presentan la misma actividad, ya que ésta depende de sus componentes. (Fisher y Phillips, 2006)¹¹⁴.

2.4.1.6 Aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*). Un estudio realizado por Cynthia León Mendoza, bióloga de la facultad de ciencias biológicas de la Universidad Ricardo Palma en Lima, Perú, evaluó la determinación antifúngica de los aceites esenciales de pimienta negra, romero y orégano sobre hongos de postcosecha donde su objetivo fue analizar métodos de biocontrol alimentario para evitar enfermedades postcosecha.

La actividad antifúngica del orégano fue examinada por primera vez por Dorman y Deans (2000) y en los últimos 20 años la aplicación de este aceite como control de enfermedades y plagas ha sido muy bien recibida por la industria, esto gracias a su resistencia a plagas y enfermedades (Santamarina, 2015)¹¹⁵.

Autores como Timoteo Dos Santos (2012) señala la eficacia que ha tenido este aceite en pruebas agrícolas como la combinación del quitosano y el aceite esencial de *Origanum vulgare* en la inhibición de *Rhizopus stolonifer* y *Aspergillus niger* en medios de cultivo de uva (*Vitis labrusca*, L. 2006), donde la aplicación en diferentes concentraciones de este aceite logró inhibir el crecimiento micelial de los hongos evaluados. Finalmente se demostró el gran potencial que tiene para el control postcosecha de hongos patógenos, ya que su aplicación en concentraciones subletales conserva la calidad física, fisicoquímica y sensorial de la uva a lo largo del tiempo que se necesite almacenar (Lima de Sousa, L. 2013)¹¹⁶.

El aislamiento de los hongos presentes en el estudio de León Mendoza se hizo en torno a un cultivo de ají paprika de acuerdo con el procedimiento legalizado por la FDA para hongos. Para el ensayo microbiológico *in vitro* se usó lecturas de placas petri con las colonias individuales que fueron desarrolladas en Agar Sabourand de la marca alemana Merck donde la incubación tuvo lugar a 12 días a temperatura ambiente¹¹⁷.

¹¹⁴ Ibid.

¹¹⁵ LEÓN MENDOZA, Cynthia. Determinación de la acción antifúngica de los aceites esenciales de pimienta negra (*piper nigrum*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y orégano (*Origanum vulgare*) sobre hongos postcosecha en ají paprika (*Capsicum annuum* L.) [En línea] 2017, pp. 1-72. [Citado el 2 de julio de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/1000/Leon_c.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

¹¹⁶ LEÓN MENDOZA, Cynthia. Determinación de la acción antifúngica de los aceites esenciales de pimienta negra (*piper nigrum*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y orégano (*Origanum vulgare*) sobre hongos postcosecha en ají paprika (*Capsicum annuum* L.) [En línea] 2017, pp. 1-72. [Citado el 2 de julio de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/1000/Leon_c.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

¹¹⁷ Ibid.

Se procedió a realizar la evaluación antifúngica de los tratamientos a concentraciones de 0.3, 0.5 y 0.7, en 1% de aceite esencial de orégano donde se pudo observar que la acción antifúngica que se obtuvo frente a los hongos *Fusarium solani*, *Aspergillus flavus* y *Penicillium sp* se mantuvo durante 12 días con una media de crecimiento de 0.5 cm en las placas petri y a temperatura ambiente para las 3 concentraciones. El aceite esencial de orégano contiene componentes activos como el carvacrol, el cual ejerce una disminución en el potencial mitocondrial lo cual ayuda a potencializar la acción antifúngica que se genera (Stefanakis M, 2003)¹¹⁸.

En la Tabla 16., se presentan los datos obtenidos para la actividad antifúngica del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) y su comportamiento alrededor de los 12 días evaluados sobre el hongo de postcosecha en ají paprika: *Fusarium solani*.

Tabla 16. Actividad antifúngica del tratamiento del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) y su comportamiento alrededor de los 12 días evaluados sobre el hongo de postcosecha en ají paprika: *Fusarium solani*

Diámetro	Control c/tw in	Control s/tw in	1%
3 días	1.2	1	0.5
6 días	2.2	2	0.5
9 días	3.2	3	0.5
12 días	4.5	4.5	0.5

Fuente: elaboración propia, con base en LEÓN, Cynthia. Determinación de la acción antifúngica de los aceites esenciales de pimienta negra (*piper nigrum*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y orégano (*Origanum vulgare*) sobre hongos postcosecha en ají paprika (*Capsicum annuum* L.) [En línea] 2017, pp. 1-72. [Citado el 2 de julio de 2020]. Disponible en:

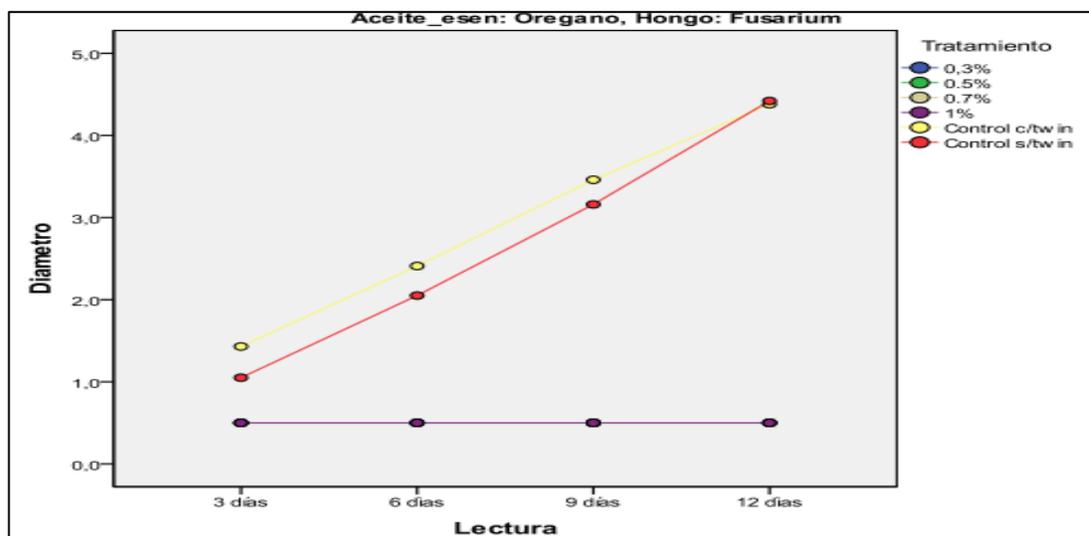
<http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/1000/Leon_c.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

En el Gráfico 5 se muestra el efecto generado a partir del aceite esencial de orégano, sobre el crecimiento del fitopatógeno *Fusarium solani*, de donde se puede observar que, el insumo a evaluar tuvo un comportamiento constante.

¹¹⁸ LEÓN, Cynthia. Determinación de la acción antifúngica de los aceites esenciales de pimienta negra (*piper nigrum*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y orégano (*Origanum vulgare*) sobre hongos postcosecha en ají paprika (*Capsicum annuum* L.) [En línea] 2017, pp. 1-72. [Citado el 2 de julio de 2020]. Disponible en:

<http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/1000/Leon_c.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gráfico 5. Actividad antifúngica del tratamiento del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) sobre el hongo *Fusarium solani*



Fuente: LEÓN MENDOZA, C. Determinación de la acción antifúngica de los aceites esenciales de pimienta negra (*piper nigrum*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y Orégano (*Origanum vulgare*) sobre hongos postcosecha en ají paprika (*Capsicum annum*, L). [En línea] [Citado el 2 de julio de 2020] Disponible en: <http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/1000/Leon_c.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

2.4.1.7 Aceite esencial de naranja dulce (*Citrus sinensis*). Proveniente del árbol cuyo nombre común es naranja dulce o naranja de la china, de 7 a 8 metros de altura, presenta un alto requerimiento de luz y presencia de humedad; presenta una longevidad baja viviendo entre 0 y 35 años con una tasa de crecimiento lenta.¹¹⁹

En la actualidad se tienen tres grandes productores de árbol de naranja, Estados Unidos, Brasil y México, y dentro de sus características se encuentran usos comestibles, medicinal y tanto de las flores como del fruto, específicamente de la cáscara se pueden obtener aceites esenciales utilizados en perfumería, cosmético y agrícola.¹²⁰

Dentro de los aceites que presentan una mayor relevancia en la formulación de biocontroladores de uso agrícola se encuentran los aceites esenciales, así como los

¹¹⁹UNIVERSIDAD EIA. Catálogo virtual de flora del valle de Aburra. [En línea] 2014. [Citado el 02 de julio de 2020] Disponible en: <<https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/94>>

¹²⁰ LOZANO. Aceite esencial de naranja *Citrus sinensis*. [En línea] [Citado el 02 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.esenciaslozano.com/producto/18/esencia-de-naranja-aceite-esencial-de-naranja-citrus-sinensis>>

son provenientes de *Maleuca quinquenervia*, árbol de hoja ancha que puede alcanzar hasta los 25 metros de altura¹²¹, *Piper aduncum* y *Citrus sinensis*.

En base al estudio Efecto de aceites esenciales sobre cuatro cepas de *Trichoderma asperellum* encontrado en la revista Protección Vegetal volumen número 28 del año 2013, donde inicialmente se sembraron en placas petri de 9 cm de diámetro los aislamientos puros del hongo antagonista y se incubaron por 36 horas a 28°C hasta que la colonia alcanzó $\frac{3}{4}$ partes del diámetro de la placa, donde posteriormente mediante contacto directo con cada uno de los aceites esenciales cuya evaluación radial del crecimiento se evaluó por 72 horas realizando 3 réplicas por tratamiento. La inhibición del incremento micelial se determinó con la Ecuación 3; de Abbott., que se presenta a continuación.¹²²

Donde PICR hace referencia al porcentaje de inhibición del crecimiento radial, RT al crecimiento radial del hongo en cada tratamiento, es decir, los aceites esenciales en mm y RC se refiere al crecimiento radial del hongo en el testigo, es decir, agua destilada

Ecuación 3. Cálculo para el porcentaje de inhibición del crecimiento radial

$$PICR (\%) = [(RC - RT)/RC] * 100$$

Fuente: INFANTE, Danay. MARTÍNEZ, Benedicto. SÁNCHEZ, Yaíma. PINO, Oriela. Efecto de aceites esenciales sobre cuatro cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels. Protección vegetal. [En línea] 2013. Vol. 28 No. 2. [Citado el 23 de junio de 2020] pp. 153-157. Disponible en: <<http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n2/rpv10213.pdf>>

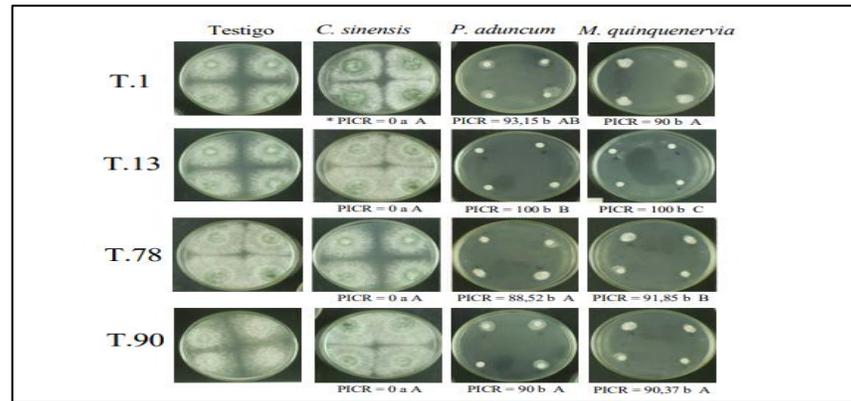
En la Imagen 4., tomada de este mismo artículo se logra observar el crecimiento inicial bajo un testigo, es decir, el contacto directo se realizó con agua destilada para

¹²¹ CONABIO. Método de evaluación rápida de invasividad para especies exóticas en México. [En línea] [Citado el 23 de junio de 2020] Disponible en: <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/07Fichas%20tecnicas_OK/02Fichas%20tecnicas/Fichas%20t%C3%A9cnicas%20CONABIO_especies%20ex%C3%B3ticas/Fichas%20plantas%20invasoras/M_P/Melaleuca%20quinquenervia.pdf>

¹²² INFANTE, Danay. MARTÍNEZ, Benedicto. SÁNCHEZ, Yaíma. PINO, Oriela. Efecto de aceites esenciales sobre cuatro cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels. Protección vegetal. [En línea] 2013. Vol. 28 No. 2. [Citado el 23 de junio de 2020] pp. 153-157. Disponible en: <<http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n2/rpv10213.pdf>>

tener un punto de comparación frente a cada aceite esencial y en cada cepa del hongo antagonista¹²³.

Imagen 4. Crecimiento de 4 cepas de *Trichoderma* en presencia de 3 aceites esenciales.



Fuente: INFANTE, Danay. MARTÍNEZ, Benedicto. SÁNCHEZ, Yaíma. PINO, Oriela. Efecto de aceites esenciales sobre cuatro cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels. Protección vegetal. [En línea] 2013. Vol. 28 No. 2. [Citado el 23 de junio de 2020] pp. 153-157. Disponible en: < <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n2/rpv10213.pdf>

A simple vista se identifica que bajo el aceite *Citrus sinensis* se genera un buen desarrollo micelial para las cuatro cepas, especialmente para la T13 y T90 en contraposición con *Piper aduncum* y *Melaleuca quinquenervia* cuyo incremento micelial fue significativamente menor.

Los autores, bajo un análisis de varianza ANOVA, lograron demostrar que para las cepas T1, T78 y T90 en contacto directo con los aceites esenciales *Piper aduncum* y *Melaleuca quinquenervia* se generó una inhibición entre el 88 y 100%. Adicionalmente, se menciona que para otros estudios realizados en el *Trichoderma harzianum* Rifai se hallaron resultados similares, inhibiendo el crecimiento micelial en presencia de los aceites *Leptospermum scoparium*, y *Pelargonum graveolens*..¹²⁴

Adicionalmente, en el estudio Crecimiento de plantas de maíz (*Zea mays*) en un suelo contaminado con petróleo y remediado con extracto de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*) de la Universidad de Oriente en Mautrín Venezuela, se tiene como objetivo analizar los niveles de remediación usando extracto de cáscaras de

¹²³ INFANTE, Danay. MARTÍNEZ, Benedicto. SÁNCHEZ, Yaíma. PINO, Oriela. Efecto de aceites esenciales sobre cuatro cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels. Protección vegetal. [En línea] 2013. Vol. 28 No. 2. [Citado el 23 de junio de 2020] pp. 153-157. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n2/rpv10213.pdf>

¹²⁴ Ibid.

naranjas en 5 muestras de suelo (0.5 kg/muestra) contaminadas con 20, 30, 40, 50 y 60 mL de petróleo.¹²⁵

Inicialmente, se plantaron 15 semillas de plantas *Zea mays everta* o comúnmente denominado maíz reventón, en el suelo contaminado y en una muestra patrón, es decir, sin presencia de hidrocarburos, para evaluar el porcentaje de germinación. Los resultados descritos en la Tabla 17., muestran que, para el caso del patrón, transcurridos 5 días se alcanza el 80% de la germinación (12 plantas germinadas), en contraposición con las otras pruebas realizadas, cuyo valor máximo de crecimiento fue del 33% con 5 plantas nacientes; de igual forma, se puede establecer que para concentraciones de petróleo superiores a 100 mL/kg no se presenta ningún brote de *Zea mays everta*.¹²⁶

Tabla 17. Porcentaje de germinación de la planta *Zea mays everta* en suelos contaminados con diferentes concentraciones de petróleo.

Pétroleo (mL)	Suelo (kg)	Concentración mL/kg	Nro. de semillas	Plantas germinadas	Tiempo, días	Germinación, %
20	0.5	40	15	5	6	33.33
30	0.5	60	15	2	6	13.33
40	0.5	80	15	1	7	6.67
50	0.5	100	15	0	15	0.00
60	0.5	120	15	0	15	0.00
Patrón	0.5	0	15	12	5	80.00

Fuente: MARÍN, Darío. Crecimiento de plantas de maíz (*Zea mays*) en un suelo contaminado con petróleo y remediado con extracto de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*). *Enfoque UTE*. [En línea]. 2016, vol.7, n.3 [citado el 03 de julio de 2020], pp.1-13. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000300001&lng=es&nrm=iso>.

Teniendo en cuenta los resultados previos se tomaron 3 muestras de suelo de 1 kg cada una y se contaminaron con petróleo entre 40 y 50 mL, ya que fue la cantidad mínima para inhibir el crecimiento del suelo y se puso en presencia de 3 disoluciones con extracto de *Citrus sinensis* al 1%, 3% y 5% para evaluar la presencia de aceites y grasas, como se muestra a continuación en la Tabla 18.¹²⁷

¹²⁵ MARÍN, Darío. Crecimiento de plantas de maíz (*Zea mays*) en un suelo contaminado con petróleo y remediado con extracto de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*). *Enfoque UTE* [En línea]. 2016, vol.7, n.3 [citado el 03 de julio de 2020], pp.1-13. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000300001&lng=es&nrm=iso>.

¹²⁶ *Ibíd.*

¹²⁷ *Ibíd.*

Tabla 18. Porcentajes de aceites y grasas para 3 muestras en proceso de remediación con 3 disoluciones con diferentes concentraciones de extracto.

Tiempo, días	Aceites y grasas en %		
	1% extracto	3% extracto	5% extracto
0	9.5	9.9	9.5
7	6.8	6.2	4.9
14	4.4	3.1	3.1
21	3.8	2.9	2.6
28	2.3	2.4	1.3
35	2.1	1.8	1.1
42	1.5	1.3	0.9

Fuente: MARÍN, Darío. Crecimiento de plantas de maíz (*Zea mays*) en un suelo contaminado con petróleo y remediado con extracto de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*). Enfoque UTE [En línea]. 2016, vol.7, n.3 [citado el 03 de julio de 2020], pp.1-13. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-654220160003001&lng=es&nrm=iso>

Los resultados demostrados en la Tabla 19., permite demostrar que, inicialmente se tienen concentraciones demasiado altas de aceites y grasas en las muestras debido a la presencia de hidrocarburos, pero transcurridos 42 días se evidencia una disminución del 84.2%, 86.9% y 90.5% para las diluciones al 1%, 3% y 5% de extracto respectivamente, evidenciándose la remediación del suelo.¹²⁸

Posteriormente y de forma similar a la primera fase del proceso, se plantan 15 semillas de la misma planta en aras de determinar el porcentaje de germinación y crear una comparación con el suelo inicialmente contaminado. En los resultados mostrados en la Tabla 19., se evidencia que en los tres casos utilizando diferentes concentraciones de extracto se generan porcentajes de germinación superiores al 85%, siendo la muestra remediada con 1% la que presenta el valor más alto con 14 semillas nacientes de *Zae mays everta*.¹²⁹

Tabla 19. Porcentaje de germinación de la planta *Zea mays everta* en suelos remediados a diferentes concentraciones de extracto de *Citrus sinensis*

Muestra	Semillas plantadas	Semillas germinadas	Germinación, %
Patrón	15	15	100.0
Remediada con 1% de extracto	15	14	93.3

¹²⁸ *Ibíd.*

¹²⁹ *Ibíd.*

Tabla 19. (Continuación)

Muestra	Semillas plantadas	Semillas germinadas	Germinación, %
Remediada con 3% de extracto	15	13	86.7
Remediada con 5% de extracto	15	13	86.7

Fuente: MARÍN, Darío. Crecimiento de plantas de maíz (*Zea mays*) en un suelo contaminado con petróleo y remediado con extracto de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*). Enfoque UTE [En línea]. 2016, vol.7, n.3 [citado el 03 de julio de 2020], pp.1-13. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000300001&lng=es&nrm=iso>

El aceite esencial de naranja ha demostrado tener características propicias para su uso en el sector agrícola, dentro de las que se destaca la actividad inhibitoria frente a hongos patógenos como el *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium verrucosum*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium digitatum* y *Penicillium itacum* los cuales están asociados al deterioro en la poscosecha de los alimentos¹³⁰. En un estudio realizado por la Universidad de Antioquía para la evaluación preliminar de la actividad fungicida de los aceites esenciales de eucalipto (*Eucalyptus tereticornis*, *Myrtaceae*) y cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, *Rutaceae*) sobre algunos hongos filamentosos, se encontró que éste último insumo, a bajas concentraciones, presenta comportamientos favorables siendo promotor de crecimiento del *Trichoderma harzianum*, sin embargo, si se excede la cantidad de aceite esencial, éste genera el efecto contrario, causando una inhibición en la esporulación del agente activo.

A continuación, en la Tabla 20., se muestran los datos que representan el comportamiento previamente mencionado.

Tabla 20. Efecto del aceite de cáscara de naranja sobre el hongo antagonista *Trichoderma harzianum*.

Concentración en ppm	Porcentaje de inhibición
0	0
100	10
900	18

¹³⁰ ALZÁTE, N., LÓPEZ V., MARÍN, H. y MURILLO, A. Evaluación preliminar de la actividad fungicida de los aceites esenciales de eucalipto (*Eucalyptus tereticornis*, *Myrtaceae*) y cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, *Rutaceae*) sobre algunos hongos filamentosos. 2009. Universidad de Antioquía. Medellín. Revista Tumbaga [En línea] Vol. 4. Disponible en: <<http://revistas.ut.edu.co/index.php/tumbaga/article/download/76/76>>

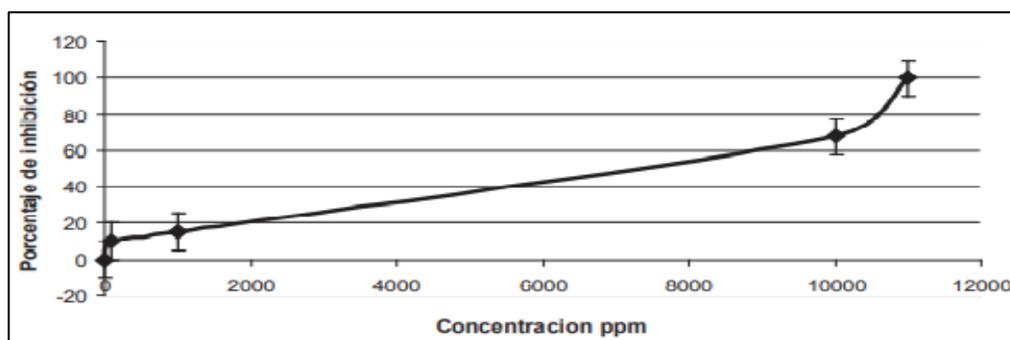
Tabla 20. (Continuación)

Concentración en ppm	Porcentaje de inhibición
10,000	69
11,000	100

Fuente: elaboración propia, con base en ALZÁTE, N., LÓPEZ V., MARÍN, H. y MURILLO, A. Evaluación preliminar de la actividad fungicida de los aceites esenciales de eucalipto (*Eucalyptus tereticornis*, Mytaceae) y cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, Rutaceae) sobre algunos hongos filamentosos. 2009. Universidad de Antioquía. Medellín. Revista Tumbaga [En línea] Vol. 4. Disponible en: <<http://revistas.ut.edu.co/index.php/tumbaga/article/download/76/76>>

A continuación, en el Gráfico 6., se muestran los datos descritos previamente.

Gráfico 6. Efecto del aceite de cáscara de naranja sobre el hongo antagonista *Trichoderma harzianum*.



Fuente: ALZÁTE, N., LÓPEZ V., MARÍN, H. y MURILLO, A. Evaluación preliminar de la actividad fungicida de los aceites esenciales de eucalipto (*Eucalyptus tereticornis*, Mytaceae) y cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, Rutaceae) sobre algunos hongos filamentosos. Universidad de Antioquía. Medellín. Revista Tumbaga [En línea] 2009. Vol. 4. [Citado el 12 de agosto de 2020]. Disponible en: <<http://revistas.ut.edu.co/index.php/tumbaga/article/download/76/76>>

Del Gráfico 6, se puede observar que, después de 1,000 partes por millón de aceite esencial de naranja, el efecto inhibitorio en la esporulación del hongo *Trichoderma harzianum* crece de forma casi lineal.

Teniendo en cuenta la bibliografía consultada se puede establecer que, el aceite esencial de naranja tiene diversas cualidades que lo hacen beneficioso en el sector agrícola, dentro de las que se destacan sus propiedades en la biorremediación del suelo contaminado y acciones fungicidas, sin embargo, dado que el bioinsumo Antígonic tiene como ingrediente activo el hongo antagonista *Trichoderma*

harzianum y la cantidad necesaria de aceite dentro la formulación de éste es elevada, se puede establecer que el extracto de cáscara de *Citrus sinensis* no es viable dentro del proceso productivo descrito para la empresa Gestores del Campo S.A.S. por su acción inhibitoria en la esporulación del agente de interés.

2.4.1.8 Aceite esencial de Hoja de menta (*Mentha piperita*). La *Mentha piperita* es proveniente de una triple hibridación a partir de tres tipos de menta. Es una planta con altura entre 40 a 80 cm con hojas dentadas y alargadas creciente entre las épocas de junio y agosto y cuyos cultivos se pueden encontrar en prácticamente todas las regiones del mundo.¹³¹ Las hojas pueden ser utilizadas en el sector gastronómico para especiar platos o incluso para generar aceites esenciales cuya extracción en masa es utilizada en sectores como el cosmético, farmacéutico y alimenticio.¹³²

El *Thymus vulgaris*, también conocido por su nombre común, Tomillo, es un pequeño arbusto cuya altura puede alcanzar los 50 cm presentando tallos fuertemente ramificados. Se encuentra en lugares secos y soleados como los son las regiones subtropicales y países mediterráneos. Las hormigas pueden llegar a transportar las hojas hasta los hormigueros en aras de evitar la presencia de agentes patógenos. Actualmente el aceite esencial puede ser utilizado en medicina.¹³³

En el artículo Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio realizado por estudiantes de la facultad de agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá se plantea “evaluar ocho aceites esenciales extraídos de algunas especies aromáticas de la familia *Lamiaceae* sobre el crecimiento de *P. infestans* en condiciones de laboratorio.”¹³⁴

El *Phytophthora infestans* es un agente nocivo en los cultivos de papa causante de “La gota”, considerada una de las enfermedades más devastadoras en Colombia y otras regiones del mundo¹³⁵. Sus niveles de virulencia han llegado a afectar en el

131 AVOGEL. *Mentha piperita*. [En línea] [Citado el 02 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.avogel.es/enciclopedia-de-plantas/mentha-x-piperita.php>>

132 *Ibid.*

133 AVOGEL. *Thymus vulgaris*. [En línea] [Citado el 02 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.avogel.es/enciclopedia-de-plantas/thymus-vulgaris.php>>

134 CARRILLO, Yazmid; GOMEZ, María; COTES, José y NUSTEZ, Carlos. Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio. *Agronomía Colombiana*. [En línea]. 2010, vol.28, n.2 [Citado el 02 de julio de 2020], pp.245-253. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000200014&lng=en&nrm=iso>.

135 SILVA, Bernardo; JARAMILLO, Sonia y MARIN, Mauricio. Caracterización genética de aislamientos de *Phytophthora infestans* en las zonas productoras de papa de los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca y Norte de Santander (Colombia). *Actualidades biológicas*. [En línea]. 2009, vol.31, n.90 [Citado el 02 de julio de 2020], pp.5-20. Disponible en:

país cultivos de tomate, tomate de árbol y lulo en las zonas altoandinas,¹³⁶ es por ello que los autores, en aras de lograr una inhibición en el crecimiento del *P. infestans* (aislamiento A13 y A15) evaluaron los aceites esenciales *Origanum vulgare*, *Mentha piperita*, *Salvia officinalis*, *Ocimum basilicum*, *Romarinus officinalis*, *Origanum majorana*, *Thymus vulgaris* y *Pogostemon cablin*.¹³⁷

Inicialmente se evaluó el modo de aplicación del aceite en el inóculo del agente patógeno en donde se tuvo en cuenta 5 tratamientos como se muestra en la Tabla 16. Para M1 y M2 se realizan por contacto directo de *M. piperita* disuelto en etanol, pero en diferentes concentraciones por unidad experimental (UE) y C1 corresponde a la muestra que hará de patrón cuyo contacto se realizará con agua. Para el caso de M3 el aceite esencial se aplica puro y en los tratamientos M3 y M4 el contacto se hace por efecto volátil a través de un papel filtro ubicado en diferentes posiciones dentro del petri. C2 hace referencia a la muestra patrón para el resto de las pruebas.¹³⁸A continuación, en la Tabla 21., se muestra la metodología tenida en cuenta para la aplicación del aceite en el inóculo.

Tabla 21. Metodología para la aplicación del aceite en el inóculo.

Metodología	Características	Dosis de aceite/UE
M1	Incorporación del aceite al medio de cultivo agar-arveja en etanol 1:1	2 μ /UE (0.1 μ L de mezcla/mL de medio)
M2	Igual a M1 (pero dosis diferentes)	4 μ /UE (0.2 μ L de mezcla/mL de medio)
M3	Aplicación del aceite puro disperso en la superficie del medio	4 μ /UE
M4	Disco de papel filtro de 5 mm de diámetro localizado en un extremo de la caja Petri sobre el medio de cultivo, en el cual se aplicó aceite puro (efecto volátil)	4 μ /UE
M5	Disco de papel filtro de 5 mm de diámetro localizado en la tapa de la caja Petri sobre el medio de cultivo, en el cual se aplicó aceite puro (efecto volátil)	4 μ /UE
C1	Incorporación de etanol agua 1:1 al medio de cultivo (control para M1 y M2)	4 μ /UE

<http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-35842009000100001&lng=en&nrm=iso>.

¹³⁶ *Ibíd.*

¹³⁷ CARRILLO, Yazmid; GOMEZ, María; COTES, José y NUSTEZ, Carlos. Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio. *Agronomía Colombiana*. [En línea]. 2010, vol.28, n.2 [Citado el 02 de julio de 2020], pp.245-253. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000200014&lng=en&nrm=iso>.

¹³⁸ *Ibíd.*

Tabla 21. (Continuación)

Metodología	Características	Dosis de aceite/UE
C2	Aplicación de agua destilada estéril sobre disco de papel en la tapa (control absoluto)	4 μ /UE

Fuente: CARRILLO, Yazmid; GOMEZ, María; COTES, José y NUSTEZ, Carlos. Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio. Agronomía Colombiana. [En línea]. 2010, vol.28, n.2 [Citado el 02 de julio de 2020], pp.245-253. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000200014&lng=en&nrm=iso>.

De este proceso, evaluando el crecimiento micelial de *P. infestans*, registrado en la Tabla 22., que se muestra a continuación se logra, a simple vista, evidenciar que para el efecto volátil (M4 y M5), se tuvo un menor diámetro en el cultivo del agente patógeno en contraposición con los tratamientos M1 y M2 que presentaron un comportamiento similar al Control 1, es decir, al aumentar el periodo de días, el área de la cepa del agente fitopatógeno iba aumentando.¹³⁹

Tabla 22. Crecimiento de *P. infestans* bajo los tratamientos M1, M2 y testigo.

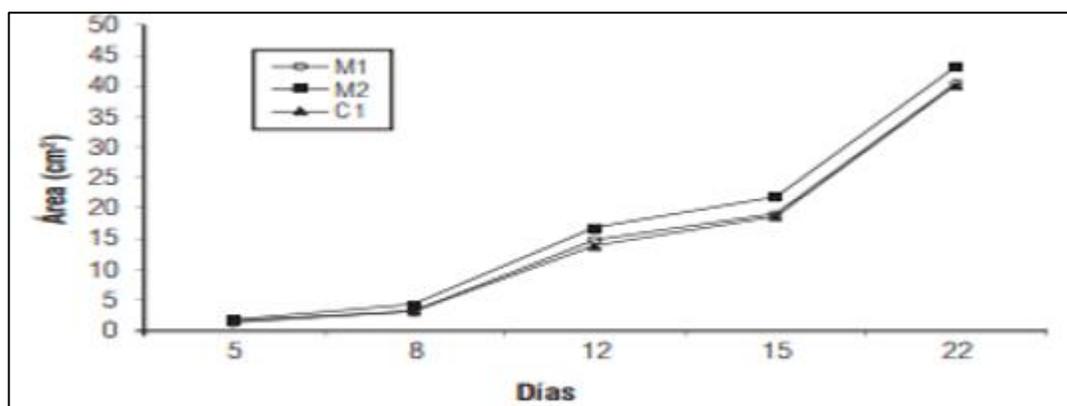
Área de crecimiento (Cm ²)	Día 5	Día 8	Día 12	Día 15	Día 22
M1	2	4,9	15	18	35
M2	2	5	16	22	45
C1	2	4.9	14	18	35

Fuente: elaboración propia, con base en CARRILLO, Yazmid; GOMEZ, María; COTES, José y NUSTEZ, Carlos. Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio. Agronomía Colombiana. [En línea]. 2010, vol.28, n.2 [Citado el 02 de julio de 2020], pp.245-253. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000200014&lng=en&nrm=iso>.

¹³⁹ CARRILLO, Yazmid; GOMEZ, María; COTES, José y NUSTEZ, Carlos. Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio. Agronomía Colombiana. [En línea]. 2010, vol.28, n.2 [Citado el 02 de julio de 2020], pp.245-253. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000200014&lng=en&nrm=iso>.

En el Gráfico 7., que se presenta a continuación se puede observar el comportamiento del crecimiento de *P. infestans* bajo los tratamientos M1, M2 y testigo.

Gráfico 7. Crecimiento de *P. infestans* bajo los tratamientos M1, M2 y testigo.



Fuente: CARRILLO, Yazmid; GOMEZ, María; COTES, José y NUSTEZ, Carlos. Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio. Agronomía Colombiana. [En línea]. 2010, vol.28, n.2 [Citado el 02 de julio de 2020], pp.245-253. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000200014&lng=en&nrm=iso>

A continuación, en la Tabla 23., se muestran los datos obtenidos para el crecimiento de *P. infestans* bajo los tratamientos M3, M4, M5 y testigo

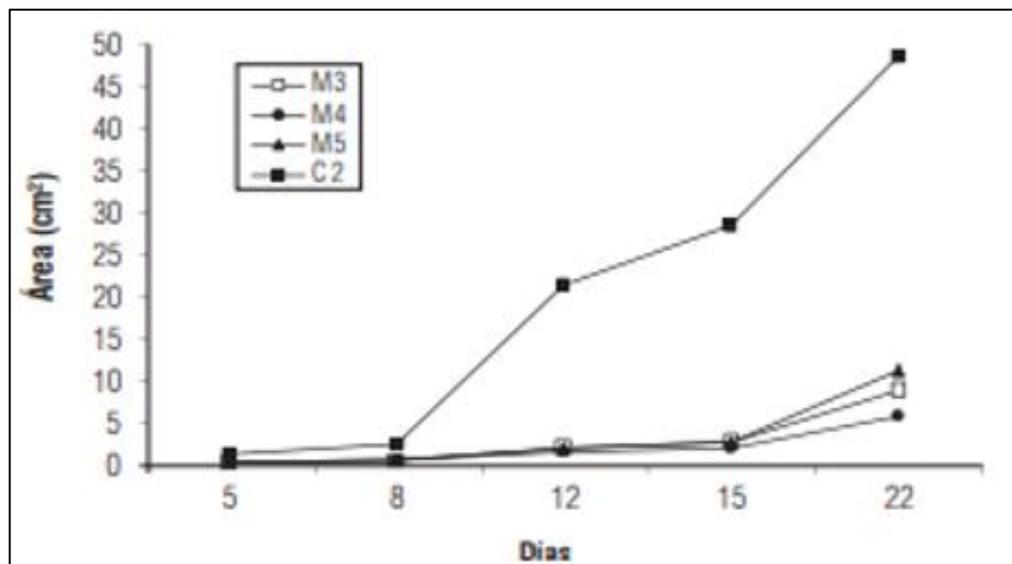
Tabla 23. Crecimiento de *P. infestans* bajo los tratamientos M3, M4, M5 y testigo

Área de crecimiento (Cm ²)	Día 5	Día 8	Día 12	Día 15	Día 22
M3	1	1.5	2	3	7
M4	1	1.5	2	3	5
M5	1	1.5	2	3	10
C2	2	3	22	27	47

Fuente: CARRILLO, Yazmid; GOMEZ, María; COTES, José y NUSTEZ, Carlos. Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio. Agronomía Colombiana. [En línea]. 2010, vol.28, n.2 [Citado el 02 de julio de 2020], pp.245-253. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000200014&lng=en&nrm=iso>

A continuación, en el Gráfico 8., se encuentran representados los datos correspondientes a la Tabla 18.

Gráfico 8. Crecimiento de *P. infestans* bajo los tratamientos M3, M4, M5 y testigo



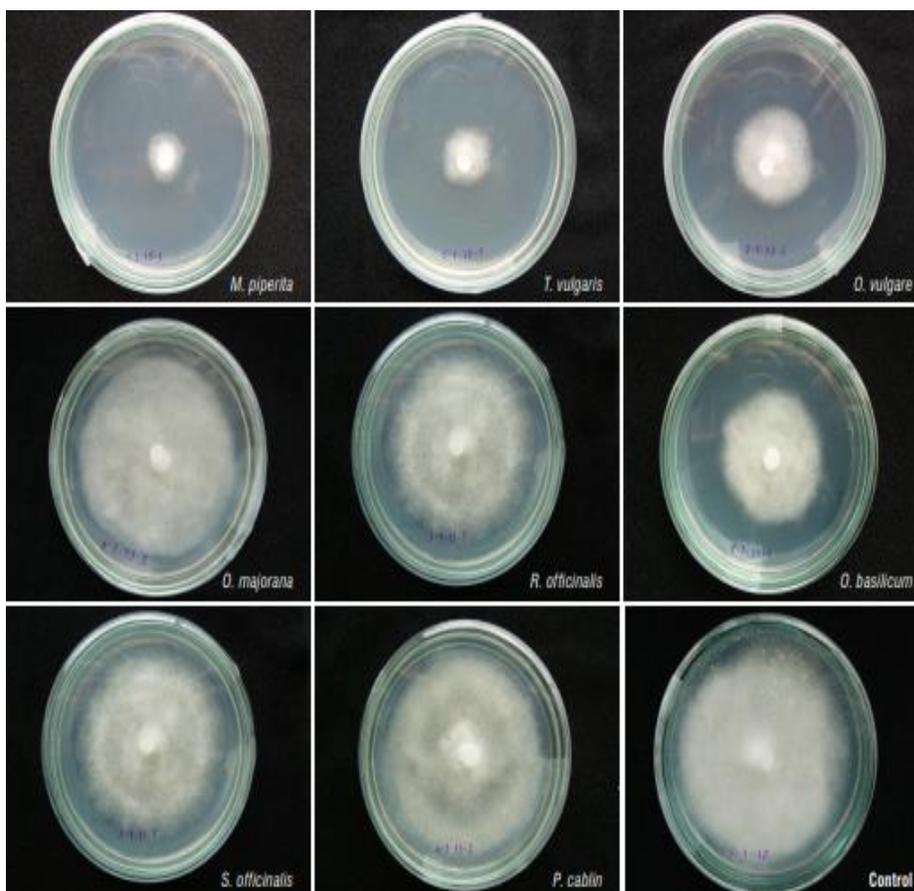
Fuente: CARRILLO, Yazmid; GOMEZ, María; COTES, José y NUSTEZ, Carlos. Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio. *Agronomía Colombiana*. [En línea]. 2010, vol.28, n.2 [Citado el 02 de julio de 2020], pp.245-253. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000200014&lng=en&nrm=iso>

Los autores determinan que, debido a su efectividad en la reducción del crecimiento, la evaluación de los aceites esenciales se hará bajo efecto volátil como se describe en los tratamientos M4 y M5. De este estudio en la Imagen 5., e Imagen 6., se logra observar que tan solo 2 aceites esenciales lograron una inhibición significativa en el crecimiento de *P. infestans* tras un contacto de 19 días.

El *M. piperita* y *T. vulgaris* presentaron una reducción del crecimiento entre el 89 y 92%, en contraposición con el aceite *P. cablin* que presentó un comportamiento que se asemeja al generado por la prueba testigo.¹⁴⁰A continuación, en la Imagen 5., se puede observar la evaluación en la inhibición de crecimiento de *P. infestans* en presencia de 9 aceites esenciales por efecto volátil

¹⁴⁰ Ibid

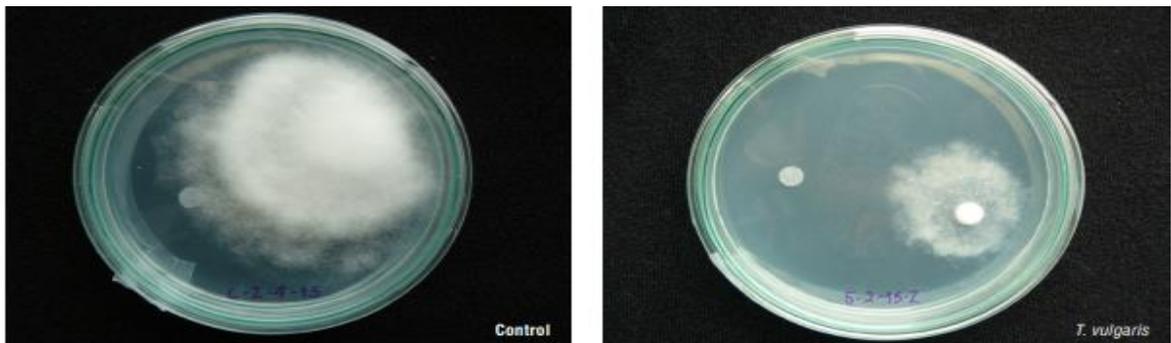
Imagen 5. Evaluación en la inhibición de crecimiento de *P. infestans* en presencia de 9 aceites esenciales por efecto volátil



Fuente: CARRILLO, Yazmid; GOMEZ, María; COTES, José y NUSTEZ, Carlos. Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio. *Agronomía Colombiana*. [En línea]. 2010, vol.28, n.2 [Citado el 02 de julio de 2020], pp.245-253. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000200014&lng=en&nrm=iso>.

A continuación, en la Imagen 6., se puede observar el crecimiento de *P. infestans* en presencia de agua y aceite esencial de *T. Vulgaris* de la cual se puede observar a simple vista que, en el caso del aceite esencial se logra un porcentaje de inhibición de crecimiento para el hongo patógeno, superior en contraste con la prueba de control, lo que permite identificar la factibilidad en el uso de este tipo de insumo dentro de la formulación de un biofungicida, sin tener en cuenta aún variables económicas.

Imagen 6. Comparación del crecimiento de *P. infestans* en presencia de agua y aceite esencial de *T. Vulgaris*



Fuente: CARRILLO, Yazmid; GOMEZ, María; COTES, José y NUSTEZ, Carlos. Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio. Agronomía Colombiana. [En línea]. 2010, vol.28, n.2 [Citado el 02 de julio de 2020], pp.245-253. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000200014&lng=en&nrm=iso>

A partir de esto, se puede establecer que los aceites esenciales *M. piperita* y *T. vulgaris* pueden generar una alternativa factible como sustitución en el uso de aceites vegetales para la formulación del biofungicida Antígonic, teniendo en cuenta sus propiedades como inhibidor en el crecimiento de fitopatógenos que puedan alterar cultivos nacionales e internacionales.

2.5 EFICIENCIA DE LOS ACEITES EN EL SECTOR AGRÍCOLA

La existencia de un coadyuvante en la formulación de agroquímicos ayuda en el mejoramiento del principio activo del mismo y a disminuir los factores que puedan llegar a afectar la eficiencia de estos insumos.¹⁴¹

Dentro de los beneficios en el uso de coadyuvante para la eficiencia de agroquímicos encontramos una disminución de la tensión superficial del producto, lo que genera una mayor eficiencia en la dispersión y pulverizado¹⁴², así mismo, genera una película uniforme asegurando una cobertura total en especial para aquellos cultivos que presentan algún tipo de resistencia o condiciones climáticas adversas.

¹⁴¹ AGROQUÍMICOS. Aceites agrícolas coadyuvantes. [En línea] [Citado el 27 de junio de 2020] Disponible en <http://finarvis.com.ar/productos/agroquimicos/herbicidas/FolletoAceitesAgricolas_Coadyuvantes.pdf>

¹⁴² *Ibíd.*

Uno de los sectores agrícolas más afectados debido a las enfermedades postcosecha es el de la horticultura. Las pérdidas registradas en productos frescos de cadena alimentaria son altos, lo cual incide en generar un servicio de mala calidad ya que los productos no cuentan con una resistencia a hongos patógenos los cuales han llegado a presentar inmunidad a los fungicidas químicos (Sivakumar, D. et al)¹⁴³.

El uso de aceites esenciales como el de orégano ha resultado efectivo al ser implementado en distintos cultivos que recogen desde siembra de frutas como la uva, hasta cereales como el arroz, donde su acción antifúngica ha destacado por su tasa de resistencia a patógenos en escenarios convencionales como hectáreas de siembra, hasta nuevas tendencias agrícolas como invernaderos, almacenes, laboratorios, pulverizados directamente al producto y en nuevas investigaciones como la que se llevó a cabo por un grupo de investigación de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y la Universidad de Valencia (UV) de España donde comprobaron que técnicas como la impregnación del aceite de orégano en biofilms o microcápsulas también fue exitosa¹⁴⁴.

Según María Amparo Blázquez, investigadora del Departamento de Farmacología de la Universidad de Valencia, el éxito que ha tenido la implementación del aceite de orégano da vía libre a que los aceites esenciales comiencen a representar un potencial uso como conservantes agrícolas debido a que son productos de fácil acceso comercial y económicos y de igual manera contribuye a preservar los alimentos en buenas condiciones por más tiempo.

De forma similar, los cultivos de papa, tomate, tomate de árbol entre otros se ven afectados por enfermedades causadas a partir del *Phytophthora infestans*. Los resultados presentados en el estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia en la evaluación de nueve tipos de aceites esenciales, permite identificar una propiedad destacable de los aceites esenciales provenientes de la hoja de menta y tomillo en la inhibición del crecimiento de este agente patógeno, superior al 80% comparada con las pruebas testigo.¹⁴⁵

¹⁴³ EL CAMPESINO. La horticultura, un conjunto de saberes para la producción de hortalizas. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.elcampesino.co/la-horticultura-un-conjunto-de-saberes-para-la-produccion-de-hortalizas/#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20Censo%20Nacional%20Agropecuario,zanahoria%20las%20hortalizas%20m%C3%A1s%20cultivadas>>

143 LASPRILLA, Diego. Estado actual de fruticultura colombiana y perspectivas para su desarrollo.

¹⁴⁴ EL DIARIO ESPAÑA. “Comprueban que el aceite esencial del orégano protege los cultivos de arroz”. [En línea] 2015, [Citado el 2 de julio de 2020] Disponible en: <https://www.eldiario.es/economia/Comprueban-esencial-oregano-protege-cultivos_0_364313790.html>

¹⁴⁵ CARRILLO, Yazmid; GOMEZ, María; COTES, José y NUSTEZ, Carlos. Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio. Agronomía Colombiana. [En línea]. 2010, vol.28, n.2 [Citado el 02 de julio de 2020], pp.245-253. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000200014&lng=en&nrm=iso>

2.6 TIEMPO DE VIDA ÚTIL SEGÚN EL TIPO DE ACEITE EMPLEADO

El tiempo de vida útil es un aspecto importante en el desarrollo de la formulación para cualquier tipo de producto, a continuación se muestran unos estimados basados en los estudios analizados a lo largo del capítulo e información bibliográfica encontrada, sin embargo, es necesario tener en cuenta que muchos datos se obtuvieron a nivel laboratorio para cada tipo de aceite de forma individual y que, en conjunto con diversos estabilizantes y/o aditivos usados para la generación de un biofungicida, dichos tiempos pueden llegar a variar.

2.6.1 Potencial de vida útil del aceite mineral. Una colección de hongos que corresponde al laboratorio del Departamento de micología del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel ubicado en Caracas - Venezuela, ha formado una colección de cepas de hongos aislados que han mantenido conservados durante largos periodos de tiempo a partir de dos métodos, agua destilada y aceite mineral; con el objetivo de estudiar su viabilidad, pureza y estabilidad morfológica macroscópica y microscópica de hongos levaduriformes y filamentosos, preservados bajo los métodos anteriormente mencionados.

Se estudiaron 241 hongos filamentosos los cuales se conservaron puros y viables en ambos métodos de preservación, de los cuales el 97% mantuvieron estables sus características morfológicas tanto micro como macroscópicamente, el otro 3% restante mantuvo estables sus características macroscópicas, sin embargo, las microscópicas presentaron alteraciones morfológicas y ausencia de esporulación¹⁴⁶.

Dicho estudio tuvo un tiempo de investigación de aproximadamente 50 años donde el 100% se los hongos filamentosos siguieron siendo viables con un tiempo de vida útil variante de entre 3 a 47 años, con una media de 25 años y fueron subcultivados en promedio una vez cada 18 meses. Los resultados a nivel de pureza y estabilidad morfológica fueron aceptables y calificados como excelentes¹⁴⁷.

A continuación, en la Tabla 24., se pueden observar diversas clases de hongos filamentosos y levaduriformes, en los cuales se optó, como medio de conservación a corto plazo el agua estéril y aceite mineral. En donde, C hace referencia a cantidad; AP corresponde al año de preservación; PS es promedio de la cantidad de subcultivos realizados durante el tiempo de conservación; TP como tiempo de preservación; VP es igual a viabilidad y pureza y EM representa la estabilidad morfológica

¹⁴⁶ PANIZO, María Mercedes; REVIÁKINA, Vera; MONTES, William; GONZÁLEZ, Gladys. Mantenimiento y preservación de hongos en agua destilada y aceite mineral. [En línea] 2005, vol. 25. [Citado el 28 de junio de 2020] Disponible en <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_artext&pid=S1315-25562005000100007>

¹⁴⁷ Ibid.

Tabla 24. Hongos filamentosos y levaduriformes preservados en agua estéril y aceite mineral en diferentes periodos de tiempo.

Género y especie	C	AP	PS	TP	VP	EM
<i>Candida albicans</i>	52	1982	1.6	6-21	+	+
		1997				
<i>Candida famata</i>	2	1983	1.5	19-20	+	+
		1984				
<i>Candida glabrata</i>	4	1984	1.4	9-20	+	+
<i>Candida tropicalis</i>	8	1994	1.5	7-48	+	+
<i>Candida guilliermondii</i>	2	1988	1.3	9-15	+	+
<i>Cryptococcus neoformans</i>	61	1994	1.7	2-17	+	+
<i>Candida intermedia</i>	2	1982	1.5	17-21	+	+
<i>Cryptococcus laurentii</i>	2	1986	1.5	6-11	+	+
<i>Candida lipolytica</i>	2	1994	1.3	9	+	+
		1990				
<i>Cryptococcus uniguttulatus</i>	3		1.6	6-13	+	+
		1997				
<i>Geotrichum candidum</i>	2	1989	1.4	14	+	+
<i>Hanseniospora uvarum</i>	1	1985	1.6	18	+	+
<i>Hansenula polymorpha</i>	1	1982	1.5	21	+	+
<i>Kluyveromyces fragilis</i>	1	1991	1.5	12	+	+
<i>Kluyveromyces lactis</i>	1	1984	1.5	19	+	+
<i>Kluyveromyces vanudenii</i>	1	1985	1.5	18	+	+
		1976				
<i>Pichia anomala</i>	4		1.8	1-27	+	+
		1992				
<i>Pichia guilliermondii</i>	1	1990	1.6	13	+	+
		1985				
<i>Protothecazopfii</i>	3		1.3	15-18	+	+
		1988				
		1982				
<i>Saccharomyces rouxii</i>	5		1.7	15-21	+	+
		1988				

Tabla 24. (Continuación).

Género y especie	C	AP	PS	TP	VP	EM
<i>Trichosporon sp.</i>	1	1992	1.4	11	+	+
<i>Zygosaccharomyces bailii</i> +	1	1991	1.5	12	+	+

Fuente: PANIZO, María Mercedes; REVIÁKINA, Vera; MONTES, William; GONZÁLEZ, Gladys. Mantenimiento y preservación de hongos en agua destilada y aceite mineral. [En línea] 2005, vol. 25. [Citado el 28 de junio de 2020] Disponible en <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_artext&pid=S1315-25562005000100007>

La conclusión que los autores y el departamento de micología lograron establecer es que la conservación de agua destilada y capa de aceite mineral, garantizan la preservación adecuada de hongos filamentosos y levaduriformes durante largos periodos de tiempo asegurando factores técnicos y esenciales como viabilidad, pureza y estabilidad morfológica. La relación de costos fue baja y de fácil manejo resaltando la necesidad de una constante atención, pues el mantenimiento de éstos debe ser cauteloso y efectivo.

En otro estudio realizado en el instituto de Investigación de Sanidad Vegetal (La Habana, C.), se evaluó la conservación de la cepa A-34 de *Trichoderma harzianum* utilizada para reproducción masiva bajo una capa de aceite mineral. Dicho estudio duró un año en el cual se evaluó la viabilidad del hongo, sus caracteres morfológicos y la capacidad antagónica del mismo¹⁴⁸.

A pesar de la importancia económica del hongo, su periodo de vida en la mayoría de laboratorios no supera los 6 meses por lo cual en el INISAV se evaluaron 3 métodos diferentes para la conservación del *Trichoderma harzianum* con el fin de que se pueda prolongar su vida a 1 año, estos fueron: agua destilada, aceite mineral y silica gel.

La conservación en aceite mineral se realizó según el protocolo descrito por Little y Gordon (1967), modificado por Deshmukh (2003), donde cultivos jóvenes esporulados de 72 h de incubación fueron cubiertos completamente en aceite mineral esterilizado a 121°C durante 15 minutos. La cepa conservada por este método se almacenó en refrigeración a 4°C¹⁴⁹.

Durante un año en el INISAV se evaluó cualitativamente la viabilidad y las características macro y microculturales de la cepa, a partir de los 6 meses se

¹⁴⁸ RODRÍGUEZ BATISTA, Dayamí; GATO CARDENAS, Yohanna. MÉTODOS ALTERNATIVOS EN LA CONSERVACIÓN DE TRICHODERMA HARZIANUM RIFAI. [En línea] [Citado el 2 de julio de 2020] Disponible en: <<http://scielo.sld.cu/pdf/fit/v14n4/fit07410.pdf>>

¹⁴⁹ *Ibid.*

determinó el porcentaje de viabilidad de las esporas y a los 12 meses se realizó un bioensayo. Para determinar lo anteriormente mencionado, se realizaron pases a medio fresco (PDA) de la cepa conservada, posteriormente se realizaron observaciones al microscopio estereoscópico con aumento de 20X y 40X, con el fin de poder analizar la forma, aspecto, color de la colonia, patrón de esporulación y presencia de pigmentos en el medio de cultivo; así como observaciones en la morfología de los conidios y las células conidiógenas mediante un microscopio 400X de cultivos teñidos con azul de algodón y lactofenol. Cada una de estas evaluaciones se comparó con la cepa patrón mantenida en PDA¹⁵⁰.

La capacidad antagónica de *Trichoderma harzianum* se determinó por cultivo dual con *Rhizoctonia solani*, según el método de Faifer y Bertoni (1988), modificado por Martínez et al. (2008), para lo cual se realizaron cultivos en césped a partir de suspensiones de las esporas de *T. harzianum* conservadas y del fitopatógeno *R. solani*; incubadas a 28 – 30 °C y 30°C respectivamente durante dos días. Transcurrido este tiempo, con un horador de 4 mm de diámetro, se tomaron discos de agar con el cultivo del hongo. En uno de los extremos de las placas con PDA se depositó un disco de *Trichoderma* y en el otro extremo opuesto, un disco del hongo fitopatógeno *R. solani* (cultivo dual); además cada hongo se sembró individualmente como controles. Las placas sembradas se incubaron por siete días a una temperatura de 28-30°C; se evaluó el radio de la colonia a partir de las 24 h, y se monitoreó hasta que se completó el crecimiento¹⁵¹.

El resultado que obtuvieron los autores a partir de este estudio a los 12 meses de evaluación, fue de un 50% de viabilidad para la cepa A-34 de *Trichoderma harzianum*, teniendo en cuenta que la cepa patrón fue del 95%, se puede establecer que el porcentaje obtenido de la muestra es bajo comparado con el inicial. El aceite mineral se ha utilizado para la conservación de diferentes hongos como: *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown y Smith [López et al., 2002], *Metarhizium flavoviride* Gams y *Rozsypal* [Sanyang et al., 2000] y *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin [Hong et al., 2005]¹⁵².

A partir de esto se puede establecer que la implementación del aceite mineral es eficiente en el desarrollo e implementación de biofungicidas y en especial, genera un buen complemento al trabajar con el hongo antagonista *Trichoderma harzianum*.

2.6.2 Potencial de vida útil del aceite esencial de orégano. Estudios realizados a cultivos de arroz arrojaron que al tener el orégano componentes activos como el carvacrol (43,26%) y timol (21,64%) ayudan a potencializar su acción antifúngica.

¹⁵⁰ RODRÍGUEZ, Dayamí; GATO, Yohanna. MÉTODOS ALTERNATIVOS EN LA CONSERVACIÓN DE TRICHODERMA HARZIANUM RIFAI. [En línea] [Citado el 2 de julio de 2020] Disponible en: <<http://scielo.sld.cu/pdf/fit/v14n4/fit07410.pdf>>

¹⁵¹ *Ibid.*

¹⁵² *Ibid.*

Se ha logrado combatir hongos patógenos presentes en estas siembras como lo son el *Bipolaris oryzae* y el género *Fusarium* donde se logra el 100% de la inhibición en el crecimiento hasta por 21 días¹⁵³.

Adicional a esto, estudios sobre granos de arroz pulverizados con dosis de 200 µg/mL de aceite esencial de orégano lograron una reducción de entre 90 y 95% de la infección producida por hongos patógenos como *Alternaria Alternata* durante más de 30 días¹⁵⁴.

2.6.3 Potencial de vida útil del aceite esencial de menta y tomillo. De forma análoga, el estudio analizado se realizó *in vitro*, por lo que no se puede establecer un tiempo exacto de vida útil, sin embargo, transcurridos 19 días desde el contacto entre el agente patógeno y los aceites esenciales, se puede observar que para el *M. piperita* y *T. vulgaris*, el crecimiento de *P. infestans* es mínimo en comparación con otros aceites utilizados. Dentro de las recomendaciones de los autores se encuentra realizar estudios *in vivo* en aras de determinar la aplicabilidad en el sector agrícola.

En cuanto a lo abordado con anterioridad y según el análisis expuesto bibliográficamente, los aceites esenciales representan una gran posibilidad como coadyuvantes para la fabricación de biofungicidas debido a su alta receptividad en el control de plagas y agentes patógenos, tal es el caso del aceite esencial de orégano donde sus altos atributos en la conservación de alimentos y funcionalidad extendida a diversas formas de cultivo, desde tradicionales como hectáreas sembradas hasta invernaderos inteligentes permitieron la conservación de los productos y la ausencia de enfermedades provocadas por patógenos invasivos, la contribución dentro del biofungicida está relacionada a la alta tasa de efectividad en cuanto a la viabilidad del hongo en el tiempo. Adicionalmente, se pudo establecer que el aceite esencial de naranja, pese a tener efectos fúngicos favorables, especialmente para hongos del género *Aspergillus* y *Penicillium*, un uso en altas concentraciones puede llegar a presentar inhibición en la esporulación del ingrediente activo *Trichoderma harzianum*, por lo que se considera no viable dentro del desarrollo de la propuesta.

De este modo, aunque se encontraron múltiples beneficios que bien pudieran servir para sustituir los aceites vegetales usados actualmente, se encuentran otro tipo de factores como los rendimientos asociados a ellos, los cuales en el 100% de los casos fueron bajos. Los métodos de extracción para los mismos son efectivos, sin embargo. este comportamiento está asociado a que el contenido de aceite en las

¹⁵³ EL DIARIO ESPAÑA. Comprueban que el aceite esencial del orégano protege los cultivos de arroz. [En línea] 2015, [Citado el 2 de julio de 2020] Disponible en: <https://www.eldiario.es/economia/Comprueban-esencial-oregano-protege-cultivos_0_364313790.html>

¹⁵⁴ Ibid.

plantas naturalmente es bajo. Los rendimientos en aceites esenciales suelen ser menores al 1%, lo cual significa que la cantidad de destilado que se debe emplear es grande en comparación del aceite esencial final extraído¹⁵⁵.

Por otra parte, el análisis bibliográfico del aceite mineral arrojó resultados positivos en cuanto a la conservación de esporas y viabilidad del *Trichoderma harzianum*, la respuesta no solo fue con esta cepa, sino con muchas más. Esto sirve de referencia para establecer un patrón de comportamiento en el cual el uso constante de este aceite como coadyuvante no solo sirve para la conservación de una cepa específica si no que muchas más se pueden ver preservadas en el tiempo, adicional a esto la literatura de los métodos comunes de preservación de hongos filamentosos arrojan que la implementación de este insumo es efectiva, ya que al ser sometido a factores como la criocongelación y liofilización no presentó alteraciones en sus características químicas, lo cual lo hace viable para ser utilizarlo como conservante de hongos y coadyuvante de biofungicidas respectivamente.

A continuación, se dará inicio a la etapa final de este proyecto en la cual se estudiará la viabilidad económica de los insumos seleccionados, esto con la finalidad de llegar a un análisis completo e integral que abarque todos los posibles escenarios que una empresa puede llegar a tener en cuenta para la elección de las materias primas con las cuales empezará a trabajar. Anteriormente se establecieron criterios cualitativos que resaltaban o no, los beneficios de usar un aceite, por lo que en el capítulo tres se hará un análisis cuantitativo de los mismos, para así poder llegar a un estimado de las mejores alternativas para ser implementado en el proceso productivo del Antígonic por parte de la empresa Gestores del Campo S.A.S.

¹⁵⁵ MONTOYA CADAVID, Gildardo de Jesús. Aceites Esenciales una alternativa de diversificación para el eje cafetero. [En línea] [Citado el 2 de julio de 2020] Disponible en: <<http://www.bdigital.unal.edu.co/50956/7/9588280264.pdf>>

3. ANALISIS DE COSTOS

En el capítulo anterior se mostró una caracterización bibliográfica de los tipos de aceites que a nivel agrícola se están implementando actualmente, es decir, características tales como efectividad en la inhibición de hongo patógenos y tiempo de vida útil del producto. Siendo esta la última etapa del proyecto, y en aras de cumplir con el objetivo final, se expondrá a continuación el análisis económico y su viabilidad para el estudio, donde la elección final será tomada a partir de la premisa que el aceite más adecuado será, no solo el que no altere las características antagonicas del *Trichoderma harzianum*, sino, el que económicamente sea más sustentable para implementar en la empresa Gestores del Campos S.A.S.

3.1 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL ACEITE MINERAL.

Se escogió el aceite mineral como un posible sustituto a la aleación vegetal que se usa actualmente sobre todo por su potencial agroquímico, ya que además de disminuir pérdidas potenciales que los fungicidas tradicionales provocan, el uso de un aceite mineral como coadyuvante sirve para reducir el manejo de insumos químicos, para lo cual se ve favorecida la economía y directamente el medio ambiente se ve beneficiado¹⁵⁶.

3.1.1 Potencial de uso global. Según J.C Caseley, investigador agrícola de la FAO, los países industrializados como Estados Unidos utilizan métodos para el control de plagas en el 85-100% de todos los cultivos; en cuanto a los países pertenecientes a la Comunidad Europea (CE), la producción agrícola es dependiente de la generación de insumos químicos para el sector, por tal razón la tasa de representación es directamente proporcional a la demanda que se genere de herbicidas¹⁵⁷.

En 1988 Finey, predijo que la necesidad agrícola para países menos desarrollados se intensificaría debido al crecimiento poblacional que se esperaba para los años siguientes, y esto iría de la mano con el uso de controladores biológicos de plagas. Debido a que estos países no cuentan en su totalidad con producción propia de materia prima, éstos siguen siendo importados por países desarrollados como Estado Unidos, China e India. En los periodos comprendidos entre 1985 y 1957 el mercado de herbicidas cayó por la alta competencia generada, sin embargo, la mayoría de producción correspondía a patentes vencidas, lo cual dio paso para que organizaciones como OMS, FAO, entre otras empezaran a evaluar la regulación

¹⁵⁶ AMERICAN QUALITY LUBRICANTS. American agricultural spray oil bva 15 with emulsifier. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <https://www.widman.biz/specs/bva-15_emul.pdf>

¹⁵⁷ CASELEY, J.C; ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA. Herbicidas, cap. 10. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<http://www.fao.org/3/t1147s0e.htm>>

para calidad de cultivos y alimentos donde empieza a implementarse los biofungicidas con el aceite mineral como coadyuvante para mejor estabilidad y vida útil¹⁵⁸.

3.1.2 Exportación e importación de aceites minerales en Colombia. En aras de conocer más a fondo el mercado del aceite mineral, es pertinente identificar la posición de Colombia en las transacciones realizadas hacia el exterior, ya sea en términos de importación o exportación.

A continuación en la Tabla 25., se pueden observar los datos de importación hallados en la plataforma Comex para un grupo específico de insumos que acoge los combustibles minerales, aceites minerales y productos de su destilación; materias bituminosas y ceras minerales en términos FOB USD, el cual hace parte de los términos comerciales internacionales utilizados al momento de generar transacciones ya sea de importación o exportación y se refiere al “precio de venta de los bienes puestos en un medio de transporte marítimo”¹⁵⁹ expresado en dólares americanos.

Tabla 25. Importación de combustibles minerales, aceites minerales y productos de su destilación; materias bituminosas y ceras minerales del 2016 hasta el 2020 expresado en FOB USD.

País exportador	2016	2017	2018	2019	2020
Estados Unidos	1,909,951,403	1,143,235,781	975,332,189	1,973,350,3370	469,670,670
Reino Unido	55,542,190	75,163,806	113,348,597	114,730,608	2,345,816
México	46,410,232	88,555,524	64,985,486	11,959,369	4,355,579
Países Bajos	78,397,257	70,098,349	728,603	852,058	103,370
Ecuador	45,061,939	6,741,081	10,262,741	66,660,194	35,330,715
Panamá	24,883,700	22,472,926	11,932,460	10,177,038	2,825,949
Trinidad y Tobago	2,843,530	25,291,055	79,543,524	6,964,849	-
España	2,666,719	3,535,247	3,082,791	3,140,146	30,791,962

¹⁵⁸ CASELEY, J.C; ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA. Herbicidas, cap. 10. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<http://www.fao.org/3/t1147s0e.htm>>

¹⁵⁹ CVN. ¿Qué es el fob? Noticias comercio exterior. 2017. [En línea]. [Citado el 11 de agosto de 2020]. Disponible en: <<https://www.cvn.com.co/que-es-el-fob-valor-free-on-board/>>

Tabla 25. (Continuación).

País exportador	2016	2017	2018	2019	2020
Otros	128,553,676	128,709,462	115,945,890	144,155,138	97,267,971
Total	2,294,310,645	1,563,803,231	1,375,162,281	2,331,989,738	642,692,031

Fuente: COMEX. Informes, Colombia: combustibles minerales, aceites minerales y productos de su destilación; materias bituminosas y ceras minerales. [En línea] [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: <<https://trade.nosis.com/es/Comex/Importacion-Exportacion/Colombia/combustibles-minerales-aceites-minerales-y-productos-de-su-destilacion-materias-bituminosas-ceras-mi/CO/27>>

Teniendo en cuenta los datos presentados en la Tabla 25., se puede establecer a simple vista que Estados Unidos tiene una representación destacable en la importación, frente los demás países, sin embargo, este comportamiento no ha tenido una tendencia constante, sino por el contrario, presenta picos cuyo punto más bajo es en el 2020. Cabe resaltar que, el dato presentado para el año en curso abarca únicamente hasta el mes de mayo, por lo que no se puede definir si dicho valor se mantendrá o aumentará conforme avance el tiempo.

De forma análoga, en la Tabla 26., presenta la información correspondiente a la exportación de combustibles minerales, aceites minerales y productos de su destilación; materias bituminosas y ceras minerales en términos de FOB USD para los años 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019.

Tabla 26. Exportación de combustibles minerales, aceites minerales y productos de su destilación; materias bituminosas y ceras minerales del 2015 hasta el 2019 expresado en FOB USD.

País importador	2015	2016	2017	2018	2019
Estados Unidos	10,603,217,486	5,732,833,634	4,872,512,930	5,678,267,902	6,361,733,485
Panamá	4,877,391,659	1,954,800,363	2,761,638,051	3,978,326,531	2,485,960,233
China	3,154,873,563	845,062,824	1,216,867,624	2,967,656,246	3,815,896,140
España	2,508,528,357	1,104,590,299	708,313,851	931,930,308	219,185,649
Turquía	732,548,426	753,241,431	1,388,610,987	1,668,870,842	1,135,402,420
Países Bajos	1,277,023,008	815,979,754	1,053,369,945	535,496,432	755,060,226
India	856,410,322	92,018,736	148,916,856	509,844,164	202,734,299

Tabla 26. (Continuación).

País importador	2015	2016	2017	2018	2019
Bahamas	1,586,395,719	347,186,218	608,428,862	494,981,092	233,457,866
Aruba	2,052,369,229	392,600,000	178,305,666	167,272,293	58,523,658
Otros	5,906,141,943	3,763,459,988	5,942,294,607	8,121,680,295	6,163,190,392
Total	33,554,899,711	15,801,773,324	18,879,259,378	25,054,326,105	21,431,144,368

Fuente: COMEX. Informes, Colombia: combustibles minerales, aceites minerales y productos de su destilación; materias bituminosas y ceras minerales. [En línea] [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: < <https://trade.nosis.com/es/Comex/Importacion-Exportacion/Colombia/combustibles-minerales-aceites-minerales-y-productos-de-su-destilacion-materias-bituminosas-ceras-mi/CO/27> >

Observando los datos registrados en la Tabla 26., se puede observar que, nuevamente Estados Unidos es el principal receptor de las exportaciones y que al transcurrir cada periodo de tiempo los valores han ido disminuyendo hasta casi un 50%. Por otro lado, se encuentra que Turquía es el país que inicialmente tenía menos participación y que en el presente año 2020 ha logrado aumentar la recepción de materia prima, al punto de estar por encima de España, Bahamas, Países Bajos y Aruba.

De los datos presentados, se puede establecer que Colombia tiene una buena participación como exportador de estos insumos, teniendo en cuenta que los valores presentados para este caso superaron los datos de importación para los mismos periodos de tiempo.

3.1.3 Aceites minerales agrícolas industriales comercializados. A continuación, se mostrará el recopilado de los principales aceites minerales comercializados en la industria agrícola como coadyuvantes para el control biológico de plagas en cultivos.

3.1.3.1 Aceite agrícola Cosmo-OIL empresa TRIADA E.M.A.S.A. Es una empresa de origen ecuatoriano que ha empezado a exportar hacia Estados Unidos y Sur América. Dentro de su portafolio se incluye soluciones tecnológicas que cubren el sector agrícola, como el Cosmo Oil, coadyuvante del tipo aceite mineral en forma de emulsión. En la formulación de un biofungicida actúa como homogeneizador para que éste en su etapa de aplicación llegue mejor impregnado al cultivo. No produce fitotoxicidad por su alta refinación, controla ácaros e insectos

de cuerpo blando en un 82% y su aplicación reduce pérdidas por deriva en aplicaciones aéreas o terrestres¹⁶⁰.

- ✓ Registros de alta calidad por sellos como el ICA y BIOTROPICO (Primera certificadora colombiana de sellos ambientales)¹⁶¹
- ✓ Distribuido en la Zona franca del pacifico, Km 6 Yumbo (Palmira) Colombia.
- ✓ Categoría toxicológica IV
- ✓ Precio al público: \$140 US o \$511,000 COP Presentación por 20 litros
- ✓ Litro: \$25,550 COP
- ✓ No. De registro 3609

3.1.3.2 Aceite mineral agrícola de la empresa Syngenta. Su ingrediente activo se basa en hidrocarburos parafínico y aromáticos. Este aceite mineral emulsionable mejora la efectividad y aspersion logrando una mejor penetración y humectación del producto final, haciéndolo un coadyuvante agrícola viable en el proceso. Dentro de las recomendaciones para su uso se incluye temperaturas menores a 35°C ya que puede producir quemaduras sobre el follaje de los cultivos¹⁶².

- ✓ Registro local RSCO-COAD-0632-309-009-009.
- ✓ Concentrado emulsionable, equivalente a 960 gr de producto formulado.
- ✓ Antes de generar la mezcla con el biofungicida, el tanque de aspersion donde se llevará a cabo debe estar completamente limpio de trazas de azufre, ya que la interacción de éstas genera fitotoxicidad a los cultivos agrícolas.
- ✓ Precio al público: \$35,850 COP presentación de 200 mL¹⁶³

¹⁶⁰ AGRIZON. Cosmo Oil 20 Litros. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.e-agrizon.com/producto/cosmo-oil-20-lt/>>

¹⁶¹COSMOAGRO. Cosmo-Oil Emulsión mezclas Homogéneas. [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<https://cosmoagro.com/producto/cosmo-oil/>>

¹⁶² INGAGRICOLA. Aceite mineral Agrícola Syngenta. [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<http://www.ingagricola.com/wp-content/uploads/2017/01/ACEITE-MINERAL-SYNGENTA-1.pdf>>

¹⁶³FUNGIINSUMOS. Aceite mineral emulsionable. [En línea] Sitio Web [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-754659019-regalo-aceite-mineral-emulsionable-200-ml-control-de-male-_JM?quantity=1#position=2&type=item&tracking_id=4cc487f4-edd8-4da3-80f9-7be795c13978>

3.1.3.3 Aceite mineral parafínico NIMBUS empresa Syngenta. Nimbus es un tipo de aceite mineral utilizado para aumentar la eficacia biológica de los biofungicidas.¹⁶⁴ Actúa aumentando la superficie de contacto de las plantas tratadas y la penetración del producto aplicado a las capas cerosas de la superficie vegetal. Es insoluble en agua y resistente al lavado por lluvia. Su modo de aplicación es emulsionado en agua y el método de aplicación puede ser en equipo terrestre o aéreo, compatible con agroquímicos de uso común¹⁶⁵.

- ✓ Registro M.G.A.P (Registro Nacional Frutihortícola) No. 2567
- ✓ Formulación: Concentrado emulsionable.
- ✓ Principio Activo: Aceite mineral Parafínico (Hidrocarburo alifático)
- ✓ Categoría toxicológica IV
- ✓ Aplicaciones terrestres de 500 mL por cada 100 Litros de agua; aplicaciones aéreas de 500 mL/Há (Hectárea)
- ✓ Costo al público: \$19 US o \$69,350 COP presentación por 5 litros¹⁶⁶.
- ✓ Costo por litros: \$13,870 COP¹⁶⁷.

3.2 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO.

La elección del aceite esencial de orégano se da por sus grandes características aromáticas que le proveen actitudes herbicidas y los empresarios lo posicionan como viable ya que su adaptabilidad frente a pisos térmicos y climas es muy variada. Actualmente el 80% de los recolectores de orégano se dedican a la producción con fines agrícolas del mismo y esto llega a representar casi el 50% de sus ingresos totales¹⁶⁸.

¹⁶⁴ MILLACAR. Nimbus Coadyuvante adherente. [En línea] Sitio Web [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en <<http://www.millacar.com/fichas/etiquetas/NIMBUS.pdf>>

¹⁶⁵ INGAGRICOLA. Aceite mineral Agrícola Syngenta. [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<http://www.ingagricola.com/wp-content/uploads/2017/01/ACEITE-MINERAL-SYNGENTA-1.pdf>>

¹⁶⁶ SYNGENTA. Nimbus coadyuvante. Concentrado emulsionable [En línea] Sitio Web [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en <<https://www.syngenta.com.ar/sites/g/files/zhg331/f/nimbus.pdf?token=1486946193>>

¹⁶⁷ AGROQUÍMICOS. Nimbus Syngenta. Precios de referencia. emulsionable [En línea] Sitio Web [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en < https://www.mercosur.com/es/precios-de-agroquimicos/?page=2¤cy=2&brand=syngenta&estado=usado&f_grupo_de_malezas_que_controla=9>

¹⁶⁸ ORONA, Ignacio; SALVADOR , Areli ; ESPINOZA , José; VÁZQUEZ. Cirilo. Recolección y comercialización del orégano (*Lippia spp*) en el semi-desierto mexicano, un caso de estudio: reserva ecológica municipal sierra y cañón de Jimulco, México. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/jatsRepo/141/14153918003/html/index.html>>

3.2.1 Potencia de uso global del aceite de orégano. Actualmente uno de los países más representativos en la producción de orégano es México y satisface cerca del 50% de la demanda en Estados Unidos cosechándose anualmente un aproximado de 4,000 toneladas producidas en los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, San José de Potosí y Zacatecas ¹⁶⁹.

En Colombia, el cultivo del orégano se caracteriza por llevarse a cabo principalmente en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Valle del Cauca y en el Eje Cafetero¹⁷⁰. A continuación, en la Tabla 27., se muestra las importaciones de orégano para el año 2009 en algunos países de Latinoamérica.

Tabla 27. Mercado latinoamericano para el orégano. Importaciones año 2009.

N°	Mercado	\$US	% AÑO 2009
1	Brasil	5,770,624.00	61.90%
2	Argentina	1,739,929.38	18.70%
3	Paraguay	508,256.00	5.50%
4	Uruguay	861,570.36	9.20%
5	Ecuador	201,171.62	2.20%
6	Venezuela	157,147.05	1.70%
7	Colombia	78,437.17	0.80%
Total		9,317,135.58	100.00%

Fuente: elaboración propia, con base en SUBDEPTO. Gestión de Información ProChile en base a cifras de MOL. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<https://agronegocios.uniandes.edu.co/2015/04/10/oregano-una-hierba-que-promete/#:~:text=Colombia%20se%20caracteriza%20por%20producir,y%20en%20el%20Eje%20Cafetero.>>>

Actualmente Colombia se encuentra en fase de aumento de producción ya que, según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a 2012 solo se alcanzaba a

¹⁶⁹SAGARPA. 2013. Comunicado de prensa. Crea INIFAP nueva tecnología para la producción de orégano resistente a fenómenos climáticos. México, D.F. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en <<http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2013B033.aspx#>>. Consultado el 05 Marzo 2015>

¹⁷⁰ GÓMEZ, Juan Martín. Universidad de los Andes, Agronegocios e industria de alimentos. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] 2015. Disponible en: <<https://agronegocios.uniandes.edu.co/2015/04/10/oregano-una-hierba-que-promete/#:~:text=Colombia%20se%20caracteriza%20por%20producir,y%20en%20el%20Eje%20Cafetero.>>>

recoger 7,235 toneladas en las 1,893 áreas sembradas en todo el territorio colombiano¹⁷¹

Gracias al potencial que tiene el orégano, Colombia se ha logrado consolidar dentro de la industria farmacéutica, cosmética y agrícola. Los productos se encuentran en mercados de Estados Unidos y Europa, donde el Ministerio de Agricultura reporta cifras anuales de aproximadamente 1,200 toneladas por un valor de US\$2.6 Millones¹⁷².

3.2.2 Aceite esencial de orégano Industrial comercializado. El mercado global del aceite de orégano y su recolección se ha visto fortalecido, los cultivos dan buenas ganancias y a continuación se presentan algunas empresas que lo comercializan.

3.2.2.1 Aceite esencial de orégano (*Origanum Vulgare*) empresa doTERRA. Esta empresa comercializa el aceite esencial de orégano a partir de la obtención en la destilación por arrastre de vapor, se caracteriza por tener una esencia aromática herbácea, y es extraído directamente de su hoja¹⁷³.

- ✓ Tamaño de presentación: 12 mL
- ✓ Venta al público: \$114,000 COP
- ✓ Venta al por mayor: \$85,500 COP
- ✓ Tiene un alto contenido en fenoles por lo cual se debe tener cuidado al ser inhalado o diluido en una proporción mayor a la necesitada.

3.2.2.2 Aceite esencial de orégano de la empresa Sorégano. Esta empresa se dedica a la producción de aceites esenciales, como el de orégano del cual han logrado masificar sus propiedades antimicrobianas, fungicidas, antioxidantes y antiinflamatorias¹⁷⁴.

¹⁷¹ ALDANA C, Juan Camilo. Orégano: una hierba que promete. 2015 Universidad de los Andes. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: < [¹⁷² Ibíd.](https://agronegocios.uniandes.edu.co/2015/04/10/oregano-una-hierba-que-promete/#:~:text=Colombia%20se%20caracteriza%20por%20producir,y%20en%20el%20Eje%20afetero.></p></div><div data-bbox=)

¹⁷³ DoTERRA COLOMBIA. Orégano (*Origanum Vulgare*) presentación por 15 mL. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: < <https://media.doterra.com/co/es/pips/aceite-de-oregano-oil.pdf>>

¹⁷⁴ SORÉGANO. Antecedentes. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: < <https://soregano.com/antecedentes/>>

El aceite esencial de orégano de Sorégano posee propiedades antibacterianas que junto a la presencia del timol y carvacrol inhiben el crecimiento de las bacterias presentes en el cultivo. Dentro de sus resultados a nivel industrial y agrícola se destaca la total eliminación de la candidiasis de manera efectiva¹⁷⁵.

- ✓ Éxito en el tratamiento contra la *Giardia lamblia*¹⁷⁶.
- ✓ Efectos farmacéuticos más poderosos que la penicilina según la Universidad de Georgetown.
- ✓ Combate bacterias como le *E. coli* y *Salmonella*.¹⁷⁷
- ✓ Precio al público: \$38,000 COP presentación de 10 mL. 178
- ✓ Certificación del 100% de pureza.

3.2.2.3 Aceite esencial de orégano de Kräuter Tec. Esta empresa, ubicada en Bogotá Colombia, está dedicada a la producción y comercialización de aceites esenciales y productos naturales de belleza. Dentro de su portafolio de productos se encuentra el aceite esencial de orégano en varias presentaciones, la más económica es de 5 mL con un valor de 20,000 COP, mientras que, el litro de producto tiene un costo de 1,600,000 pesos colombianos.¹⁷⁹

3.3 ANÁLISIS ECONÓMICO PARA ACEITE ESENCIAL DE MENTA (*Mentha piperita*)

El aceite esencial de Menta, específicamente *Mentha piperita* y de Tomillo (*Thymus vulgaris*) fueron escogidos dentro del desarrollo del proyecto teniendo en cuenta los resultados obtenidos del estudio Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio realizado por estudiantes de la facultad de agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, cuyos resultados arrojaron un buen desempeño en la inhibición del crecimiento micelial del agente patógeno.

¹⁷⁵ Ibid.

¹⁷⁶ SORÉGANO. Propiedades antifúngicas del aceite esencial de orégano. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: < <https://soregano.com/propiedades-del-aceite/>>

¹⁷⁷ SORÉGANO. Propiedades antibióticas del aceite esencial de orégano. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: < <https://soregano.com/propiedades-del-aceite/>>

¹⁷⁸ SORÉGANO. Productos recomendados. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: < https://soregano.mercadoshops.com.mx/?fbclid=IwAR0HdAUVwYcWiTeOCTPOKS-_yJ7Q-PufRx44QVmqZAU2oWiCy0b3ArEKBU>

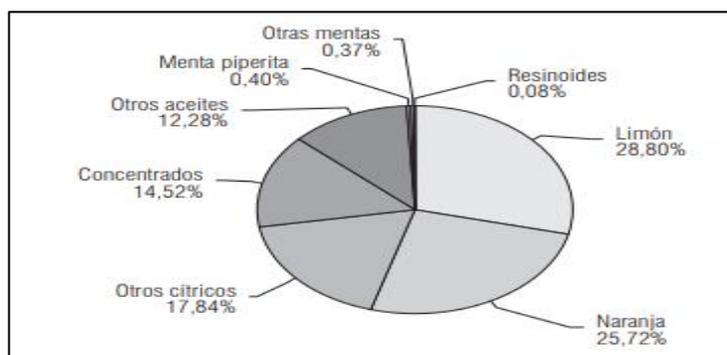
¹⁷⁹ KRAUTER TEC. Aceites esenciales. [En línea] [Citado el 08 de agosto de 2020]. Disponible en < <http://www.krauteraceitesesenciales.com/>>

3.3.1 Potencia de uso global del aceite esencial de menta (*Mentha piperita*).

Teniendo en cuenta el mismo estudio mencionado con anterioridad respecto al mercado de aceite esencial de naranja en Colombia en el período 2009 – 2014, se consolidaron las compras de aceites esenciales realizadas en dólares y de los resultados se logra identificar que la compra del aceite esencial de *Mentha piperita* en el país finalizando el año 2014, fue de 7.5%; el valor más alto presentado hace referencia a los aceites esenciales provenientes de otro tipo de mentas con un porcentaje del 23.7%. De igual forma, se mostraron los kilogramos netos importados de aceites esenciales, donde se obtuvo que la *Mentha piperita* obtuvo un porcentaje del 6.6 %, siendo significativamente menor al aceite esencial de naranja que obtuvo el valor más alto (24%).¹⁸⁰

En la Imagen 7., se puede observar los porcentajes de exportación de aceite esencial en América Latina y el Caribe en donde la *Mentha piperita* el porcentaje es de 0.4% siendo uno de los más pequeños en contraposición con el de naranja que equivale al 25.72%¹⁸¹.

Imagen 7. Porcentajes de exportación de aceites esenciales por América Latina y el Caribe



Fuente: HURTADO, Eliana, y VILLA, Aida. 2017. Estudio De Mercado Aceite Esencial De Naranja En Colombia En El Período 2009-2014. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* Vol.10. No. 2. [En línea] [Citado el 6 de julio de 2020] Disponible en: <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/4653>

3.3.2 Aceite esencial de menta en Puro y Orgánico. Empresa dedicada a la comercialización de aceites esenciales como el de la *Mentha piperita* el cual se

¹⁸⁰ HURTADO, Eliana, y VILLA, Aida. 2017. Estudio De Mercado Aceite Esencial De Naranja En Colombia En El Período 2009-2014. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* Vol.10. No. 2. [En línea] [Citado el 6 de julio de 2020] Disponible en: <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/4653>

¹⁸¹ Ibid.

encuentra en dos presentaciones, 118 mL y 10 mL a un costo de \$159,200 y \$45,000 respectivamente. Se puede identificar que el precio es superior a los hallados previamente con el aceite esencial de naranja lo que supondría una desventaja frente a este insumo.¹⁸²

3.3.3 Aceite esencial de menta en doTERRA. Como ya se ha mencionado previamente, doTERRA es una empresa que tuvo origen en Estados Unidos y es considerada una de las empresas líderes en la producción y comercialización de aceites esenciales.

Dentro de su catálogo se encuentra el aceite esencial en 15 mL con un precio al detal de \$114,000 COP y al por mayor de \$85,000 COP¹⁸³.

3.3.3.1 Aceite esencial de menta de Kräuter Tec. En Kräuter se puede encontrar una amplia gama de productos con diversas presentaciones para cualquier tipo de uso. El aceite esencial de menta tiene está comercializado desde un valor de 18,000 pesos colombianos para una presentación de 5 mL, hasta 1,500,000 COP correspondiente a un litro de producto.¹⁸⁴

En el desarrollo del proyecto se ha logrado ver las características de los aceites tanto minerales como esenciales encontrados en diversas fuentes bibliográficas y estudios científicos reconocidos. Inicialmente se puede establecer que los aceites esenciales generan una gama más amplia de insumos que se podrían llegar a utilizar dentro del proceso productivo del biofungicida Antígonic para la empresa Gestores del Campo S.A.S., sin embargo, los precios encontrados para cada tipo de aceite esencial en diversas fuentes representan un precio muy elevado inhibiendo su viabilidad para el cumplimiento del objetivo el cual consiste reducir los costos del proceso productivo del biofungicida en aras de presentar al consumidor un artículo de buena calidad y mayor accesibilidad.

3.4 EXPORTACIÓN E IMPORTACIÓN DE ACEITES ESENCIALES EN COLOMBIA

Es importante establecer el movimiento que ha tenido Colombia durante los últimos años en el mercado internacional de los aceites esenciales, es por esta razón que se entra a analizar los niveles de exportación e importación de éste grupo de insumos. Para este caso, se tuvo en cuenta información obtenida de la plataforma

¹⁸² PURO Y ORGÁNICO. Aceites esenciales. [En línea] [Citado el 6 de julio de 2020] Disponible en: < <https://www.puroyorganico.com.co/>>

¹⁸³ DoTERRA COLOMBIA. Mentha piperita [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: < https://www.doterra.com/CO/es_CO/p/peppermint-oil>

¹⁸⁴ KRAUTER TEC. Aceites esenciales. [En línea] [Citado el 08 de agosto de 2020]. Disponible en < <http://www.krauteraceitesesenciales.com/>>

Comex para el grupo de productos número 33 que acoge a los aceites esenciales y resinoides; preparación de perfumería, de tocador o de cosmética.

A continuación, en la Tabla 28., se muestran los datos de importación para estos insumos reportados en los últimos 5 años.

Tabla 28. Importación de aceites esenciales y resinoides; preparación de perfumería, de tocador o de cosmética del 2016 hasta el 2020 expresado en FOB USD.

País exportador	2016	2017	2018	2019	2020
México	177,220,053	174,929,089	156,295,978	161,647,800	18,795,428
Estados Unidos	86,334,044	94,078,953	91,914,708	91,749,732	41,932,275
Brasil	42,155,872	46,715,174	48,796,639	53,722,119	12,865,850
España	23,144,741	28,763,847	32,571,692	44,940,177	12,585,821
República Dominicana	25,059,815	21,420,299	19,528,655	17,596,982	6,495,927
Uruguay	23,049,618	18,277,127	19,713,939	20,184,359	6,233,735
Francia	16,167,195	17,582,839	22,608,177	20,112,444	5,765,030
Panamá	14,961,367	8,669,279	7,460,392	8,520,761	5,331,079
Argentina	9,739,110	13,890,566	14,701,789	20,014,205	3,533,007
Perú	15,281,040	9,658,251	8,344,925	9,518,911	2,099,663
Otros	114,048,845	118,853,751	127,281,207	140,932,757	65,099,706
Total	547,161,700	552,839,174	549,218,101	588,940,246	180,737,520

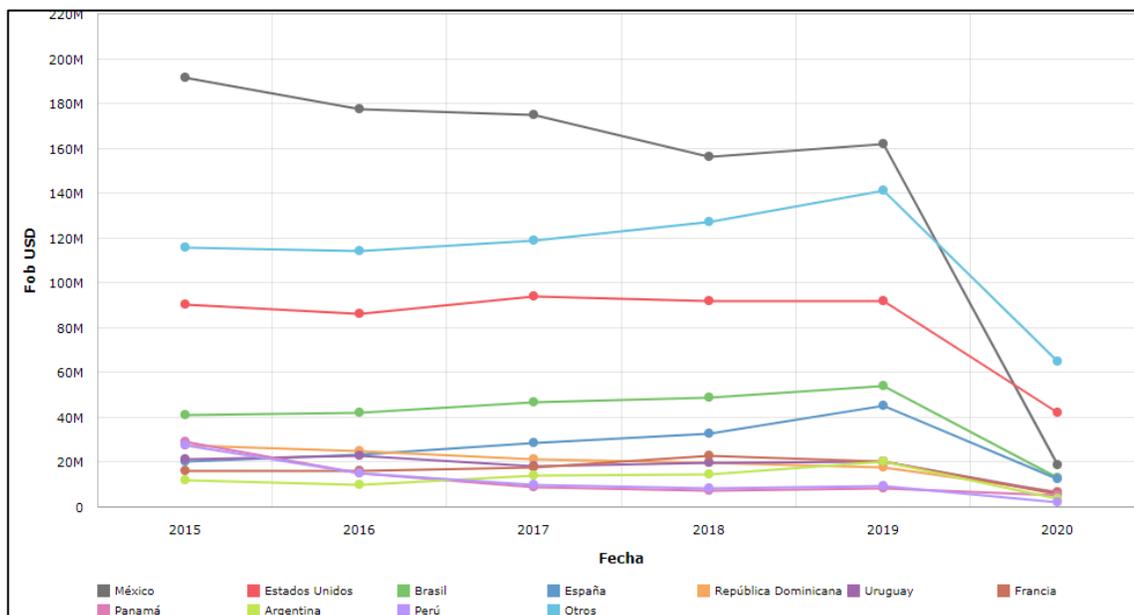
Fuente: COMEX. Informes, Colombia: Aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética. [En línea] [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: <<https://trade.nosis.com/es/Comex/Importacion-Exportacion/Colombia/aceites-esenciales-y-resinoides-preparaciones-de-perfumeria-de-tocador-o-de-cosmetica/CO/33>>

Los datos mostrados en la Tabla 28., se encuentran representados mediante el término FOB USD, el cual, como se había mencionado previamente, hace parte de los términos comerciales internacionales utilizados al momento de generar transacciones ya sea de importación o exportación y se refiere al “precio de venta de los bienes puestos en un medio de transporte marítimo”¹⁸⁵ expresado en dólares americanos.

¹⁸⁵ CVN. ¿Qué es el fob? Noticias comercio exterior. 2017. [En línea]. [Citado el 11 de agosto de 2020]. Disponible en: <<https://www.cvn.com.co/que-es-el-fob-valor-free-on-board/>>

De igual forma, en el Gráfico 9., presentado a continuación, se presenta el comportamiento de los niveles de importación para Aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética para periodos desde el 2015 hasta el presente año, 2020.

Gráfico 9. Importación de aceites esenciales y resinoides; preparación de perfumería, de tocador o de cosmética del 2016 hasta el 2020 expresado en FOB USD.



Fuente: COMEX. Informes, Colombia: Aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética. [En línea] [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: <<https://trade.nosis.com/es/Comex/Importacion-Exportacion/Colombia/aceites-esenciales-y-resinoides-preparaciones-de-perfumeria-de-tocador-o-de-cosmetica/CO/33>>

Teniendo en cuenta el Gráfico 9., se puede observar que, para el año 2015, el principal proveedor del grupo de insumos analizado era México, llegando casi a los 200 millones FOB USD, sin embargo, en lo transcurrido del año 2020, se puede observar que su participación se ubica en el tercer lugar, por debajo de Estados Unidos. Argentina y Uruguay, desde el año de inicio, son lo que menos niveles de importación denotan, siendo menos de 20 millones FOB USD lo adquirido este año. Cabe mencionar que, los datos establecidos para el periodo del 2020, son únicamente hasta el mes de mayo, por lo que dicho comportamiento puede llegar a tener variaciones conforme el tiempo avance.

De forma análoga, en la Tabla 29., se muestran los datos correspondientes a la exportación de estos mismos productos.

Tabla 29. Exportación de aceites esenciales y resinoides; preparación de perfumería, de tocador o de cosmética del 2015 hasta el 2019 expresado en FOB USD.

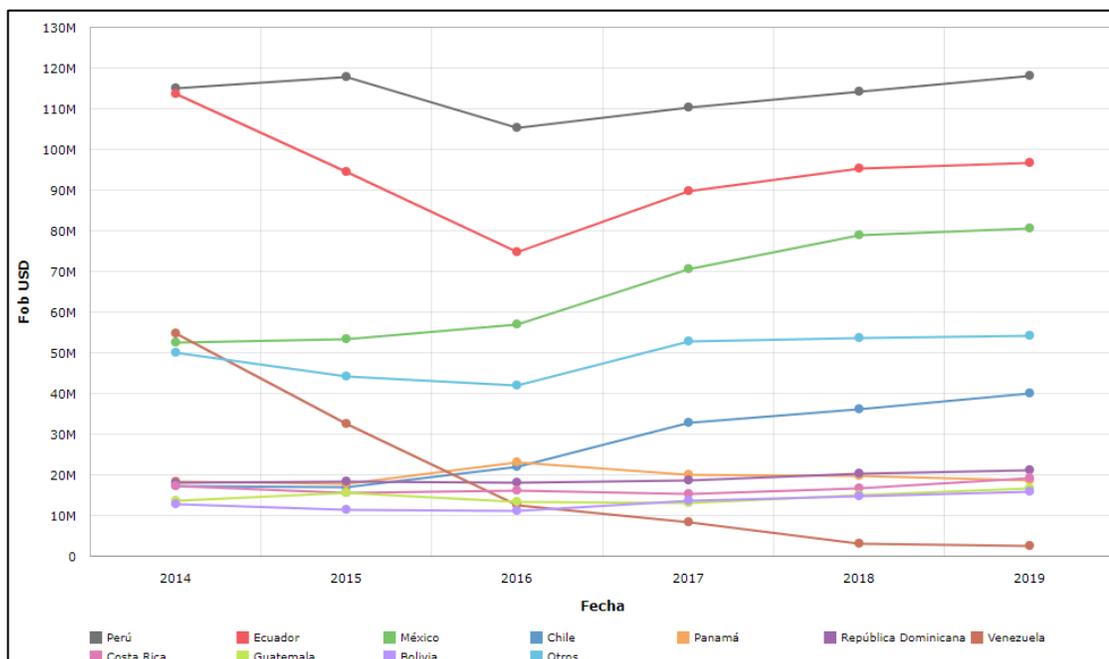
País importador	2015	2016	2017	2018	2019
Perú	117,830,444	105,234,279	110,351,946	114,080,811	118,130,038
Ecuador	94,544,838	74,812,662	89,790,916	95,344,909	96,618,067
México	53,469,938	56,965,438	70,593,229	78,799,603	80,667,370
Chile	17,024,534	21,862,723	32,867,386	36,141,701	39,921,249
Panamá	17,692,849	23,080,613	20,038,717	19,839,446	18,586,475
República Dominicana	18,379,245	18,090,987	18,473,398	20,379,539	21,073,758
Venezuela	32,627,976	12,587,997	8,318,576	3,116,959	2,362,736
Costa Rica	15,592,610	15,991,141	15,160,221	16,622,850	19,210,126
Guatemala	15,481,743	13,454,073	12,952,028	15,046,039	16,615,100
Bolivia	11,437,004	11,057,121	13,557,762	14,615,113	15,842,294
Otros	44,213,996	42,059,212	52,838,744	53,500,672	54,029,100
Total	438,295,176	395,196,247	444,942,923	467,487,642	483,056,313

Fuente: COMEX. Informes, Colombia: Aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética. [En línea] [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: <<https://trade.nosis.com/es/Comex/Importacion-Exportacion/Colombia/aceites-esenciales-y-resinoides-preparaciones-de-perfumeria-de-tocador-o-de-cosmetica/CO/33>>

De la Tabla 29., se puede observar a primera vista que Perú hace parte de los principales compradores de este grupo de productos, en el transcurso de los años ha tenido la misma tendencial la cual oscila entre 110,351,946 y 118,130,038 FOB USD.

A continuación, en el Gráfico 10., se muestra el comportamiento generado en base al nivel de exportación de aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética en Colombia para los años 2014 a 2019.

Gráfico 10. Exportación de aceites esenciales y resinoides; preparación de perfumería, de tocador o de cosmética del 2016 hasta el 2020 expresado en FOB USD.



Fuente: COMEX. Informes, Colombia: Aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética. [En línea] [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: <<https://trade.nosis.com/es/Comex/Importacion-Exportacion/Colombia/aceites-esenciales-y-resinoides-preparaciones-de-perfumeria-de-tocador-o-de-cosmetica/CO/33>>

En el Gráfico 10., se puede observar que, como se mencionó previamente, Perú es el país que recibe una mayor cantidad de los productos a evaluar, en contraposición con Venezuela que a pesar de que en el año 2014 tuvo un valor entre los 50 y 60 millones FOB USD, al transcurrir el tiempo su nivel de importación fue decreciendo hasta encontrarse por debajo de los 10 millones FOB USD, siendo el país que menos representación tiene.

En otra instancia, y concorde a lo mencionado a lo largo del capítulo, se puede observar que el valor de importación es superior en comparación con los presentados para la exportación de estos insumos, por lo que se puede decir que, en Colombia, pese a la gran biodiversidad que se presenta, aún se depende en mayor medida de los productos provenientes de otros países.

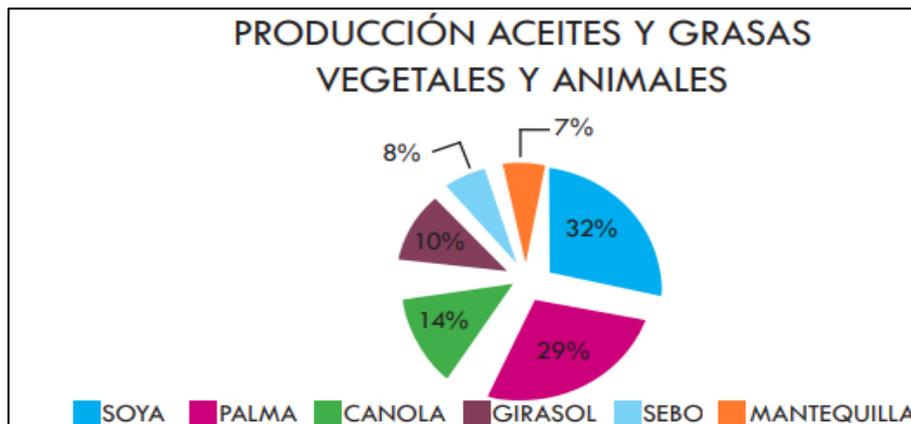
3.5 ALEACIÓN UTILIZADA ACTUALMENTE

La empresa Gestores del Campo S.A.S en su proceso de fabricación del Antígonic utilizan una aleación de 3 aceites vegetales. A continuación, se presenta un estimado de costo promedio para el uso de cada uno a nivel comercial.

En el mercado global los aceites y grasas vegetales y animales que más se implementan son los de palma, soya, girasol, sebo y grasas, donde el aceite de soya cuenta con la mayor participación (32%), seguido del aceite de palma con un 29% de la producción a nivel internacional¹⁸⁶.

En la Imagen 8., presentada a continuación, se observa la producción de aceites y grasas vegetales y animales para el año 2008 a nivel internacional con base a los datos generados por Fedepalma¹⁸⁷.

Imagen 8. Distribución de la producción aceites y grasas vegetales y animales.



Fuente: FEDEPALMA. Desempeño productivo del sector palmero colombiano. [En línea] [Citado el 6 de julio de 2020] Disponible en: <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/BET_junio_2019.pdf>.

Colombia inicia sus cultivos de estas semillas gracias a la gran diversidad en materia de rendimiento por unidad de superficie, donde no se genera deforestaciones masivas para poder producir aceites de este tipo. Su amplia gama de usos los hace

¹⁸⁶ FEDEPALMA. Desempeño productivo del sector palmero Colombiano. [En línea] [Citado el 6 de julio de 2020] Disponible en: <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/BET_junio_2019.pdf>

¹⁸⁷ MUJICA GRANADOS, Carolina; TORRES, Elkin Darío; VARGAS ESPARZA, Maritza. Evolución del sector palmicultor. Universitaria de investigación y desarrollo UDI. . [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.udi.edu.co/images/investigaciones/publicaciones/libros/porter/08/Libro-EvoluciondelSectorPalmicultor.pdf>>

rentables para muchas industrias como la de alimentos, combustibles, biocombustibles, textiles, farmacológica y agrícola¹⁸⁸.

En la Tabla 30., presentada a continuación, se observan los rendimientos obtenidos para los principales aceites agrícolas.

Tabla 30. Rendimiento obtenido de los principales aceites agrícolas.

Cultivo	Kg/Ha
Palma Africana	3,583
Algodón	2,305
Soya	1,914
Ajonjolí	962

Fuente: FEDEPALMA. Evaluaciones agropecuarias municipales, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Secretaria de Agricultura. Umata. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.udi.edu.co/images/investigaciones/publicaciones/libros/porter/08/Libro-EvoluciondelSectorPalmicultor.pdf>>

3.5.1 Aceite vegetal de palma. Colombia cuenta con una gran tasa de cultivo de aceite de palma, sin embargo, en comparación con potencias mundiales de cosecha como Malasia, sus costos de producción son altos y poco rentables. Esto se debe a que existe sobrecostos a nivel de mano de obra, costos de tierra y transporte, logística de comercialización, exportaciones y factores claves como afectaciones por plagas y enfermedades en los cultivos, aumentando el precio de producción, esto sin tener en cuenta los daños asociados a desplazamientos por cultivos ilícitos que afecta la integridad de los campesinos.¹⁸⁹

A continuación, en la Tabla 31., se muestra el precio del aceite de palma en pesos colombianos por tonelada registrado en la plataforma IndexMundi.

Tabla 31. Precios del aceite de palma en pesos colombianos por tonelada métrica entre los periodos de julio de 2019 y junio de 2020.

Mes	Precio (COP)	Tasa de cambio
Julio 2019	1,741,710.00	-%
Agosto 2019	2,001,483.00	14.91%
Septiembre 2019	1,971,998.00	-1.47%
Octubre 2019	2,034,074.00	3.15%
Noviembre 2019	2.319.876,00	14.05%
Diciembre 2019	2,611,641.00	12.58%

¹⁸⁸ Ibid.

¹⁸⁹MUJICA GRANADOS, Carolina; TORRES, Elkin Darío; VARGAS ESPARZA, Maritza. Evolución del sector palmicultor. Universitaria de investigación y desarrollo UDI. . [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.udi.edu.co/images/investigaciones/publicaciones/libros/porter/08/Libro-EvoluciondelSectorPalmicultor.pdf>>

Tabla 31. (Continuación)

Mes	Precio (COP)	Tasa de cambio
Enero 2020	2,687,165.00	2.89%
Febrero 2020	2,485,109.00	-7.52%
Marzo 2020	2,462,292.00	-0.92%
Abril 2020	2,427,337.00	-1.42%
Mayo 2020	2,217,095.00	-8.66%
Junio 2020	2,409,688.00	8.69

Fuente: INDEXMUNDI. Aceite de palma precio mensual. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: < <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-palma&meses=12&moneda=cop> >

Este tipo de aceite, aunque se puede extraer en cantidades altas, también genera contaminación al medio ambiente debido a que su producción no cuenta con técnicas estandarizadas en cobertura y aplicación de biomasas, lo que hace que se produzca un desperdicio de agua en cantidades alarmantes y como consecuencia baja eficiencia de las plantas¹⁹⁰.

En el Gráfico 11., presentado a continuación, se puede visualizar el comportamiento para los precios del aceite de palma en COP/tonelada.

Gráfico 11. Precios del aceite de palma en pesos colombianos por tonelada métrica entre los periodos de julio de 2019 y junio de 2020.



Fuente: INDEXMUNDI. Aceite de palma precio mensual. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: < <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-palma&meses=12&moneda=cop> >

¹⁹⁰ LOPEZ, Joaquín. La producción Colombiana de aceite de palma podría crecer 5% este año. [En línea] 2019 [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.agronegocios.co/aprenda/la-produccion-colombiana-de-aceite-de-palma-podria-crecer-5-este-ano-2859652>>

Teniendo en cuenta el Grafico 11., se puede observar que para junio el año en curso, el precio de una tonelada de aceite de palma cerró con un valor de 2,409,688.00 pesos colombianos y logró un aumento del 8.69% en contraste con el mes anterior.¹⁹¹ De igual forma, a partir del balance mostrado en la Tabla 31., y teniendo en cuenta la densidad de este insumo (899 kg/m³)¹⁹² se puede establecer que un litro de aceite de palma se encuentra en aproximadamente en el mercado con un precio de 2,166.30 pesos.

3.5.2 Aceite vegetal de Soya. Según Francisco de la Torre, representante regional para América Latina, Caribe y Canadá del consejo Exportador de Soya de Estados Unidos (Ussec) Colombia representa un mercado importante para el continente a nivel de producción de soya donde su crecimiento es aproximadamente del 5% anual, donde, en el 2015 la producción de soya cerro en 315 millones de toneladas¹⁹³.

3.5.2.1 Comercio global del aceite de soya. En nivel de importaciones, el continente europeo se lleva la mayor parte, seguido de países de Asia donde se destaca Japón. En el continente americano, Venezuela resalta por tener alta participación en importaciones de soya con aproximadamente 213,000 toneladas por año avaluadas en 47 millones de dólares. Otro país latinoamericano que se destaca por importar soya es Perú con registros de 19,600 toneladas¹⁹⁴.

En la Tabla 32., se muestra el precio del aceite de soya durante el último año.

Tabla 32. Precios del aceite de soya en pesos colombianos por tonelada métrica entre los periodos de julio de 2019 y junio de 2020.

Mes	Precio (COP)	Tasa de cambio
Julio 2019	2,395,924.00	-%
Agosto 2019	2,708,655.00	13.05%

¹⁹¹ INDEXMUNDI. Aceite de palma precio mensual. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: < <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-palma&meses=12&moneda=cop>>

¹⁹² ACEITE DE LAS VALDESAS. ¿Cuál es la densidad del aceite? [En línea]. [Citado el 09 de agosto de 2020]. Disponible en: <<https://www.aceitedelasvaldesas.com/faq/varios/densidad-del-aceite/>>

¹⁹³ Periódico la Republica. “En Colombia hay esfuerzos para promover la producción de soya”. [En línea] 2015 [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.agronegocios.co/agricultura/hay-esfuerzos-para-promover-la-soya-2621739#:~:text=de%202015%20GUARDAR->

,Colombia%20es%20el%20pa%C3%ADs%20n%C3%BAmero%20tres%20o%20cuatro%20en%20importaciones,1%20C5%20millones%20de%20toneladas.&text=Colombia%20import%C3%B3%20es%20a%C3%B1o%20530.000,toneladas%20de%20aceite%20de%20soya.>

¹⁹⁴ Organización de los Estados Americanos (OAS). Industrialización de la soya. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea60s/ch19.htm#2.3%20mercado%20internacional%20y%20de%20la%20regi%C3%B3n%20andina%20de%20harina%20y%20aceite%20de%20soy>>

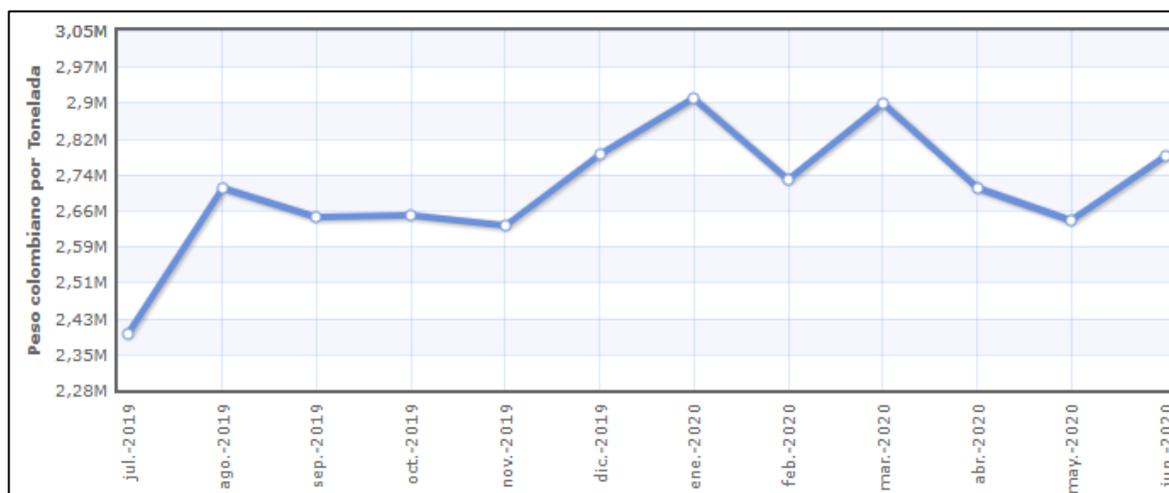
Tabla 32. (Continuación)

Mes	Precio (COP)	Tasa de cambio
Septiembre 2019	2,648,077.00	-2.24%
Octubre 2019	2,651,331.00	0.12%
Noviembre 2019	2,630,594,00	-0.78%
Diciembre 2019	2,783,482.00	5.81%
Enero 2020	2,904,674.00	4.35%
Febrero 2020	2,729,252.00	-6.04%
Marzo 2020	2,893,992.00	6.04%
Abril 2020	2,710,782.00	-6.33%
Mayo 2020	2,640,749.00	-2.58%
Junio 2020	2,779,215.00	5.24

Fuente: INDEXMUNDI. Aceite de soya precio mensual. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: < <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-soja&meses=12&moneda=cop>>

A continuación, en el Gráfico 12., se podrán visualizar los precios para el aceite de soya en pesos colombianos por tonelada métrica para el periodo comprendido entre julio del año 2019 y junio de 2020.

Gráfico 12. Precios del aceite de soya en pesos colombianos por tonelada métrica entre los periodos de julio de 2019 y junio de 2020.



Fuente: INDEXMUNDI. Aceite de soya precio mensual. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: < <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-soja&meses=12&moneda=cop>>

Teniendo en cuenta los datos establecidos en la Tabla 32., se puede observar que para junio del año en curso el precio de una tonelada de aceite de soya cerró con un valor de 2,779,215.00 pesos colombianos y logró un aumento del 5.24% respecto

al mes anterior. En este orden de ideas, y tomando una densidad para este insumo de 925 kg/m³,¹⁹⁵ se puede establecer un precio promedio de 2,570.77 COP por litro.

3.5.3 Aceite de girasol. El aceite de girasol, ampliamente utilizado en el sector gastronómico ofrece una gran cantidad de propiedades y según Zudaire en la revista Consumer, puede llegar a ser “más saludable y económica frente a otras variedades de aceite”.¹⁹⁶

A continuación, en la Tabla 33., se detallan los precios registrados en la plataforma IndexMundi para el aceite de girasol entre el mes de julio del año 2019 y junio del año en curso, 2020.

Tabla 33. Precios del aceite de girasol en dólares americanos por tonelada métrica entre los periodos julio de 2019 y junio 2020.

Mes	Precio (COP)	Tasa de cambio
Julio 2019	2,414,050.00	-
Agosto 2019	2,649,886.00	9.77%
Septiembre 2019	2,637,033.00	-0.49%
Octubre 2019	2,669,217.00	1.22%
Noviembre 2019	2,634,294.00	-1.31%
Diciembre 2019	2,731,143.00	3.68%
Enero 2020	2,676,682.00	-1.99%
Febrero 2020	2,806,279.00	4.84%
Marzo 2020	2,825,106.00	0.67%
Abril 2020	2,918,561.00	3.31%
Mayo 2020	2,852,151.00	-2.28%
Junio 2020	2,855,509.00	0.12%

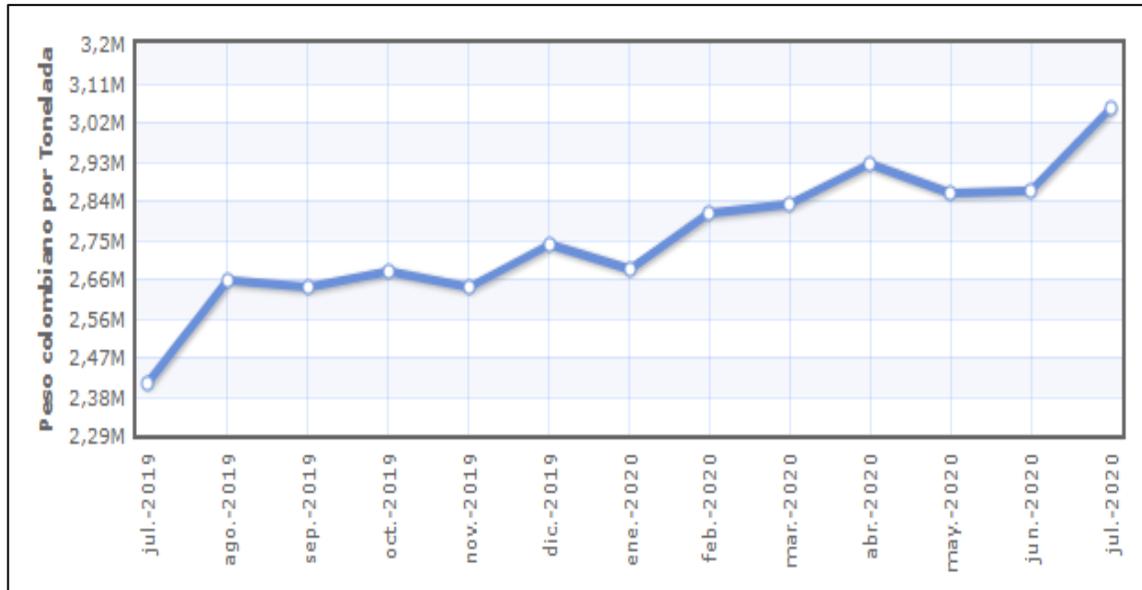
Fuente: INDEXMUNDI. Aceite de girasol precio mensual [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-girasol&meses=12>>

En el Gráfico 13., presentado a continuación, se puede visualizar el comportamiento para los precios del aceite de girasol en pesos colombianos por cada tonelada métrica.

¹⁹⁵ ACEITE DE LAS VALDESAS. ¿Cuál es la densidad del aceite? [En línea]. [Citado el 09 de agosto de 2020]. Disponible en: <<https://www.aceitedelasvaldesas.com/faq/varios/densidad-del-aceite/>>

¹⁹⁶ ZUDAIRE, Maite. 11 de abril de 2009. El aceite de girasol. Eroski Consume. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.consumer.es/alimentacion/el-aceite-de-girasol.html>>

Gráfico 13. Precios del aceite de girasol en dólares americanos por tonelada métrica entre los periodos julio de 2019 y junio 2020.



Fuente: INDEXMUNDI. Aceite de girasol precio mensual [En línea] [Citado el 09 de agosto de 2020]. Disponible en: <<https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-girasol&meses=12>>

En el Gráfico 13 se puede observar el comportamiento que ha tenido el precio del aceite de girasol desde julio del año 2019, hasta el mismo mes de junio del presente año en pesos colombianos por cada tonelada métrica. A partir de esto se puede identificar una tendencia positiva en el comportamiento, en donde, para el mes de junio el precio de este producto fue de 2,855,509.00 COP, con un ligero incremento del 0,12% en contraste con el periodo anterior. En este orden de ideas, y tomando una densidad para el aceite de girasol de 923 kg/m³,¹⁹⁷ se puede establecer un precio promedio de 2,635.63 COP por litro.

A continuación, en la Tabla 34., se puede observar una comparación entre los precios generados a partir de la aleación de aceites utilizada en la actualidad y aquellos insumos propuestos en el desarrollo de la propuesta; de la cual se puede identificar que los aceites esenciales presentan un costo muy elevado en contraste con las otras opciones, inhabilitándolo en la escogencia como sustituto. Por otra parte, se puede observar que el aceite mineral presenta un costo más accesible, pero igualmente superior al establecido en la actualidad.

¹⁹⁷ ACEITE DE LAS VALDESAS. ¿Cuál es la densidad del aceite? [En línea]. [Citado el 09 de agosto de 2020]. Disponible en: <<https://www.aceitedelasvaldesas.com/faq/varios/densidad-del-aceite/>>

Tabla 34. Comparación de precios entre los aceites vegetales usados por Gestores del Campo S.A.S y posibles sustitutos.

Insumo actual	Precio (COP/L)	Insumo sustituto	Precio (COP/L)
Aceite de palma	2,166.30	Aceite mineral	13,870.00
Aceite de soya	2,570.77	Aceite esencial de orégano	1,600,000.00
Aceite de girasol	2,635.63	Aceite esencial de naranja	500,000.00
Total, de aceites vegetales	7,372.70	Aceite esencial de menta	1,500,000.00

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 35., se muestran las principales ventajas y desventajas de la aleación utilizada actualmente y los sustitutos evaluados comparando en cada caso los precios correspondientes establecidos en el mercado para el último año (a partir de julio de 2019 hasta junio de 2020) y las características que los hacen un insumo viable para la sustitución del biofungicida Antígonic.

Tabla 35. Ventajas y desventajas de los aceites utilizados actualmente en la producción de Antígonic y los sustitutos propuestos.

Insumo	Ventajas	Desventajas
Aleación de aceites vegetales	<ul style="list-style-type: none"> • Los aceites esenciales utilizados en la aleación presentan costos bajos por litro, haciendo que sean accesibles. • Se implementan en simultáneo tres tipos de aceites 	<ul style="list-style-type: none"> • El uso de aceites vegetales puede generar deterioro en las paredes de las esporas reduciendo el tiempo de vida útil. • Este tipo de aceites son altamente utilizados en el sector gastronómico, generando una competencia al momento de adquirir el insumo.
Aceite mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Está catalogado como un método de conservación a que puede favorecer el tiempo de vida útil del producto. • Es promotor en la producción de la enzima quitinasa por parte del <i>Trichoderma harzianum</i>, las cuales hidrolizan la pared de los hongos fitopatógenos inhibiendo la germinación de esporas de estos. • Precio de compra accesible 	<ul style="list-style-type: none"> • El aceite mineral puede presentar contaminación por ingreso de otros hongos.

Tabla 35. (Continuación)

Insumo	Ventajas	Desventajas
Aceite esencial de orégano	<ul style="list-style-type: none"> • Ayuda en la inhibición del crecimiento de hongos fitopatógenos como <i>Fusarium solani</i>, <i>Aspergillus flavus</i> y <i>Penicillium sp.</i> • Conserva la calidad física, fisicoquímica y sensorial de los cultivos, como en el caso de la uva. • Cuenta con la presencia de carvacrol, el cual genera una disminución del potencial mitocondrial de agentes fitopatógenos. 	<ul style="list-style-type: none"> • El aceite esencial de orégano presenta un precio de compra muy elevado, esto puede deberse a los bajos rendimientos en su proceso de extracción. • Los ensayos realizados para este insumo han sido mayormente <i>in vitro</i>.
Aceite esencial de naranja	<ul style="list-style-type: none"> • Es promotor en el crecimiento del agente activo <i>Trichoderma harzianum</i> • Los extractos de cascara de naranja ayudan a potencializar la biorremediación del suelo contaminado con hidrocarburos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se ha determinado, que, para concentraciones muy altas de aceite esencial, se inhibe el crecimiento del agente biológico <i>T. harzianum</i>. • Los estudios realizados para este tipo de insumo han sido <i>in vitro</i>.
Aceite esencial de menta	<ul style="list-style-type: none"> • El aceite esencial de menta, ayuda a inhibir el crecimiento de hongos patógenos tales como el <i>Phytophthora infestans</i> en un 89 y 100%, logrando evitar la generación de la enfermedad “gota” en los cultivos de papa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los precios de compra del aceite esencial de menta son elevados debido al bajo rendimiento en el proceso de extracción. • Los estudios realizados para este tipo de insumo han sido <i>in vitro</i>.

Fuente: elaboración propia

A lo largo del proyecto se evaluaron las propiedades en diferentes tipos de aceites en aras de encontrar aquel insumo que pudiera actuar como sustituto del aceite vegetal en la producción del biofungicida Antígonic para la empresa Gestores del Campo S.A.S.

A partir de ello se pudo establecer que el aceite mineral lleva años siendo utilizado para la conservación de micelios u hongos, además de esto tiene un costo accesible dentro del mercado en contraste con los aceites esenciales que a pesar de presentar resultados óptimos en la inhibición del crecimiento de hongos patógenos o ser promotores en el desarrollo de una cepa de *Trichoderma* la cual representa el agente activo del biofungicida en estudio, tienen costos demasiado elevados debido al bajo rendimiento durante el proceso de extracción. También cabe mencionar que, en Colombia, pese a la diversidad en flora, aún no se ha incursionado plenamente

en la producción de aceites esenciales, por lo que su facilidad de obtención también representa un factor negativo a tener en cuenta para los resultados del proyecto.

Con base a la investigación bibliográfica desarrollada, se indica que los aceites vegetales representan un efecto dañino en un periodo de almacenaje a corto plazo puesto que “dañan la pared de la espora y la vuelven no viable en pocas semanas”¹⁹⁸, adicionalmente, teniendo en cuenta que los valores de producción a nivel nacional no son tan altos, se puede establecer que, siendo un insumo el cual es mayormente utilizado en áreas gastronómicas, representa una alta competencia y por ende, dificultad de obtención en contraste con otros tipos de aceites. En este orden de ideas, se puede definir que, pese a su precio accesible, la aleación de aceites vegetales no representa la mejor opción dentro de la producción del biofungicida Antígonic, en contraste con el aceite mineral que, teniendo un precio superior, podría llegar a ampliar la vida útil del producto e incluso mejorar su calidad, siendo promotor en la generación de la enzima quitinasa, la cual permite la inhibición en la germinación de esporas de hongos fitopatógenos. esto le daría al producto un valor agregado frente a los ofrecidos por la competencia, cumpliendo con el propósito de la empresa, el cuál es posicionarse dentro del mercado ofreciendo mejores productos a sus clientes dentro del sector agrícola.

¹⁹⁸ GATO, Yohana. Métodos de conservación y formulación de *Trichoderma harzianum* Rifai. *Fitosanidad* [En línea]. 2010, vol.14, n.3 [Citado el 13 de julio de 2020], pp.189-195. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-30092010000300008&lng=es&nrm=iso. ISSN 1818-1686>.

4. CONCLUSIONES

- ✓ La empresa Gestores del Campo S.A.S está dedicada a la producción y comercialización de insumos de uso agrícola para diferentes tipos de cultivo y, teniendo en cuenta la incursión de nuevas empresas, el generar estrategias de mejora con sus consumidores es de gran importancia, es por ello que, como alternativa para permanecer en el mercado como empresa comercializadora, Gestores del Campo S.A.S quiere crear una alternativa de mejora en la producción del biofungicida Antígonic. En este orden de ideas, y dando cumplimiento al primer objetivo del proyecto, se establece en base a un diagnóstico que, en la última etapa del proceso la empresa utiliza aceites vegetales en aras de generar una emulsión junto con la mezcla de esporas del agente activo *T. harzianum* y los estabilizantes, sin embargo, el costo para este tipo de aceite es el que representa una mayor inversión en contraste con las otras materias primas utilizadas, por lo cual, se escoge el aceite vegetal como insumo a evaluar y sustituir dentro del desarrollo del proyecto, manteniendo estable el tipo de fermentación utilizada en la actualidad en aras de no modificar la presentación del producto que los clientes de la empresa están recibiendo actualmente y teniendo en cuenta el fácil desarrollo de la misma dentro de producciones masivas.
- ✓ Dentro del desarrollo del segundo objetivo, se encuentra que los aceites esenciales, basados en información bibliográfica, tienen una gran eficiencia para el control de agentes patógenos y una gran oportunidad de investigación dentro del sector agrícola, en los que cabe resaltar el aceite de orégano, naranja y menta, de los cuales se encontró que pueden llegar a inhibir el crecimiento de hongos causantes de diversas enfermedades. Sin embargo, para el caso del aceite esencial de naranja, *Citrus sinensis*, se identificó que un uso en concentraciones elevadas, genera inhibición en el crecimiento del hongo antagonista, mientras que en pequeñas cantidades puede favorecer la esporulación del mismo, por lo cual, y tomando en consideración las características del proceso, se considera este insumo como no viable en la sustitución para Antígonic. En contraste con lo anterior, se encontró como alternativa el uso de aceite mineral que es beneficioso dentro del medio de cultivo del *Trichoderma harzianum* ya que ayuda en la producción de la enzima quitinasa, la cual debilita la pared del hongo patógeno y además de esto ayuda a reducir el impacto ambiental comparado con otro tipo de fungicidas químicos usados en el mercado.
- ✓ Tras el análisis de costos realizado para los diferentes tipos de escenarios en el cual se establecía la viabilidad económica de cada uno de los aceites estudiados a nivel comercial y con ello, la compatibilidad al ser implementados en un biofungicida, se encontró que pese a tener una gama más amplia y una eficiencia dentro de la actividad fúngica en el sector agrícola, los aceites esenciales presentan costos de obtención elevados frente a los aceites minerales, esto

debido a que, durante los procesos de extracción, los rendimientos son demasiado bajos. De igual forma, se observó que ninguna de las opciones presentadas logra tener un costo inferior a la aleación de aceites vegetales utilizadas actualmente, sin embargo, el aceite mineral tiene una serie de propiedades favorecedoras para el producto por lo que se sugiere a la empresa Gestores del Campo S.A.S, sustituir los aceites vegetales empleados en el proceso productivo del biopreparado Antígonic, por el insumo mineral en aras de otorgarle a sus consumidores un artículo de mejor calidad respecto a su acción fungicida y tiempo de vida útil.

5. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar pruebas experimentales para el desarrollo del producto final (Antígonic). Así mismo generar pruebas en el campo agrícola que permitan contrastar los resultados del biofungicida y comprobar que cumpla con su objetivo de eliminar y prevenir la presencia de hongos patógenos que puedan generar enfermedades en los cultivos y baja calidad de los mismos.
- ✓ Realizar balances de energía que permitan generar una propuesta para determinar que otros costos variables en términos de materia prima se pueden sustituir.
- ✓ Realizar matrices de decisión donde se analicen todas aquellas posibilidades de mejora no solo en términos de aceites como estabilizantes, si no, en cualquier otro punto de los ingredientes activos.
- ✓ Identificar metodologías alternas para la extracción de aceites esenciales que generen un mayor rendimiento dentro del proceso productivo, ya que, aunque dan buenas eficiencias su implementación es poco viable por el costo que representa extraer una cantidad mínima de esencia.
- ✓ Aumentar el campo investigativo para la producción de aceites esenciales en Colombia, ya que, aunque el país cuenta con amplia diversidad y campos agrícolas para ser cosechados la extracción de estos es baja.
- ✓ Se recomienda estudiar otras técnicas de extracción de aceites a partir de biomasa residual como pepa de aguacate, pepa de durazno que puedan ser utilizadas como fuentes de energía y ser provechosas para el sustento de las esporas del hongo.

BIBLIOGRAFÍA

ACEITE DE LAS VALDESAS. ¿Cuál es la densidad del aceite? [En línea]. [Citado el 09 de agosto de 2020]. Disponible en: <<https://www.aceitedelasvaldesas.com/faq/varios/densidad-del-aceite/>>

ACTUALIX. Colombia: Aceite de girasol-Producción (Toneladas). [En línea] [Citado el 13 de julio de 2020] Disponible en: <[https://es.actualitix.com/pais/col/colombia-aceite-de-girasol-produccion.php#:~:text=Colombia%20%3A%20Ranking%20%2D%20Aceite%20de%20girasol%20%2D%20Producci%C3%B3n%20\(Toneladas\)&text=El%20resultado%20es%20%3A1.856%20Toneladas.](https://es.actualitix.com/pais/col/colombia-aceite-de-girasol-produccion.php#:~:text=Colombia%20%3A%20Ranking%20%2D%20Aceite%20de%20girasol%20%2D%20Producci%C3%B3n%20(Toneladas)&text=El%20resultado%20es%20%3A1.856%20Toneladas.)>

AGENCIA EFE. La apuesta para convertir a Colombia en una de las despensas del mundo. [Sitio web]. Colombia. [Citado el: 7 de julio de 2020] Publicado en junio 8 de 2019. Disponible en: <https://www.portafolio.co/economia/la-apuesta-para-convertir-a-colombia-en-una-de-las-despensasdel-mundo-530405>

AGRICULTURERS, RED DE ESPECIALISTAS EN AGRICULTURA. ¿Qué función tienen las Trichodermas en agricultura? [En línea] [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: <<https://agriculturers.com/que-funcion-tienen-las-trichodermas-en-agricultura/>>

AGRIZON. Cosmo Oil 20 Litros. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.e-agrizon.com/producto/cosmo-oil-20-lt/>>

AGROQUÍMICOS. Nimbus Syngenta. Precios de referencia. Emulsionable [En línea] Sitio Web [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en < https://www.mercosur.com/es/precios-de-agroquimicos/?page=2¤cy=2&brand=syngenta&estado=usado&f_grupo_de_malezas_que_controla=9>

AGROQUÍMICOS. Aceites agrícolas coadyuvantes. [En línea] [Citado el 27 de junio de 2020] Disponible en <http://finarvis.com.ar/productos/agroquimicos/herbicidas/FolletoAceitesAgricolas_Coadyuvantes.pdf>

ALDANA C, Juan Camilo. Orégano: una hierba que promete. 2015 Universidad de los Andes. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<https://agronegocios.uniandes.edu.co/2015/04/10/oregano-una-hierba-que-promete/#:~:text=Colombia%20se%20caracteriza%20por%20producir,y%20en%20el%20Eje%20Cafetero.>>

ALZÁTE, N., LÓPEZ V., MARÍN, H. y MURILLO, A. Evaluación preliminar de la actividad fungicida de los aceites esenciales de eucalipto (*Eucalyptus tereticornis*, *Myrtaceae*) y cáscara de naranja (*Citrus sinensis*, *Rutaceae*) sobre algunos hongos

filamentosos. Universidad de Antioquía. Medellín. Revista Tumbaga [En línea] 2009. Vol. 4. [Citado el 12 de agosto de 2020]. Disponible en: <<http://revistas.ut.edu.co/index.php/tumbaga/article/download/76/76>>

AMERICAN QUALITY LUBRICANTS. American agricultural spray oil bva 15 with emulsifier. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <https://www.widman.biz/specs/bva-15_emul.pdf>

ANDRADE, Claudia. “Evaluación del efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* para el control de marchitez en mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*) en el cantón pillarlo, provincia de tungurahua” [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2207/1/13T0752%20.pdf>>

ANGEL, Dilia. Evaluación de técnicas de conservación para hongos filamentosos y levaduriformes en el cepario de la Pontificia Universidad Javeriana. [En línea] 2006, [Citado el 28 de junio de 2020] pp. 19-23. Disponible en <<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis260.pdf>>

ANGEL, Dilia. Evaluación de técnicas de conservación para hongos filamentosos y levaduriformes en el cepario de la Pontificia Universidad Javeriana. [En línea] 2006, [Citado el 28 de junio de 2020] pp. 22-30. Disponible en <<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis260.pdf>>

ARELLANO, Daniel. DAMIÁN, Miguel. DOMÍNGUEZ, Francisco. HUERTA, Manuel y ROMERO, Omar. Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. 2009. Revista Colombiana de Biotecnología. Vol. 11, Número 2. Pp. 143-151. [En línea] [Citado el 23 de abril de 2020] Disponible en: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/11759/38368>>

ARROSPIDE, Guillermo. Criterios para el uso de aditivos y coadyuvantes. [En línea]. Pp. 1. [Citado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <http://www.calister.com.uy/wp-content/uploads/2016/06/1311182916Criterios_para_el_uso_de_Aditivos_y_Coadyuvantes.pdf>

AVOGEL. Menta piperita. [En línea] [Citado el 02 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.avogel.es/enciclopedia-de-plantas/mentha-x-piperita.php>>

AVOGEL. Thymus vulgaris. [En línea] [Citado el 02 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.avogel.es/enciclopedia-de-plantas/thymus-vulgaris.php>>

BERMEO ESCOBAR, Laura Patricia. Influencia de tres métodos de conservación sobre la estabilidad y producción del hongo *pleurotus ostreatus*. [En línea] 2017,

[Citado el 29 de junio de 2020] pp. 30-33. Disponible en <<http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1789/Laura%20Patricia%20Bermeo%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

CABRAL, Elsa. ROMERO, Florencia y SOBRADO, Sandra. Hongos Diversidad vegetal. 2013. [En línea]. Vol. 58. Pp. 6. [Citado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <<http://exa.unne.edu.ar/carreras/docs/Estudio%20HONGOS.pdf> >

CANO, Mario Alejandro. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. Y *Pseudomonas* spp. [En línea] una revisión. 2011. UDCA. Pg. 15-16. [Citado el: 7 de julio de 2020] Disponible en: <<http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v14n2/v14n2a03.pdf>>

CARRILLO, Yazmid; GOMEZ, María; COTES, José y NUSTEZ, Carlos. Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en condiciones de laboratorio. *Agronomía Colombiana*. [Online]. 2010, vol.28, n.2 [Citado el 02 de julio de 2020], pp.245-253. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000200014&lng=en&nrm=iso>.

CARBAJAL, Ángeles. Manual de nutrición y dietética. SF. Universidad Complutense de Madrid. [En línea]. Pp. 1. [Citado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <<https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-6-grasas.pdf> >

CASELEY, J y FAO. *Herbicidas*, cap. 10. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<http://www.fao.org/3/t1147s0e.htm>>

CASTILLO, Ignacio; SALVADOR, Areli; ESPINOZA, José Y VÁZQUEZ, Cirilo. Recolección y comercialización del orégano en el semi desierto mexicano, un caso de estudio: Reserva ecológica municipal sierra y cañón de Jimulco, México. [En línea] 2017, vol. 41. [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/jatsRepo/141/14153918003/html/index.html>>

CENTRO DE ATENCIÓN INTRAMED. El aceite de soja es un importante elemento terapéutico-nutricional. [En línea] [Citado el 18 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.intramed.net/contenidover.asp?contenido=26269#:~:text=El%20aceite%20de%20soja%20contiene,vegetales%20comestibles%20apenas%20contienen%20trazas.>>>

CHIRIBOGA, Hernán., GÓMEZ, Graciela. Y GARCÉS, Karla. *Trichoderma* spp. Para el control biológico de enfermedades. Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumo. 2015. [En línea] pp. 19-25.[Citado el 10 de agosto de 2020]. Disponible en: <<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2647/BVE17038725e.pdf;jsessionid=660F6D0D5390A2D2BCB29D600AC49657?sequence=1>>

CIBNOR. Biofungicidas y biofertilizantes para control biológico de los cultivos derivados de la cepa *Trichoderma Citrinoviride*. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.cibnor.gob.mx/servicios/oficina-de-transferencia-de-tecnologia/oferta-tecnologica-coordinacion-iii/listado/2308-biofungicidas-y-biofertilizantes-para-control-biologico-de-los-cultivos-derivado-de-la-cepa-trichoderma-citrinoviride>>

CLARO, Orestes; LARRETA, Orietta; PONCE, Enrique; BORGUES, Giovanni; ROVESTI, Luciano; JIMÉNEZ, Jesús. Colecta de esporas de *Trichoderma Harzianum* Rifai cepa A34 por lecho fluidizado y ciclón dual Y por tamizaje vibratorio. [En línea] [Citado el 28 de junio de 2020] Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-30092009000400007>

COMEX. Informes, Colombia: Aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética. [En línea] [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: <<https://trade.nosis.com/es/Comex/Importacion-Exportacion/Colombia/aceites-esenciales-y-resinoides-preparaciones-de-perfumeria-de-tocador-o-de-cosmetica/CO/33>>

COMEX. Informes, Colombia: combustibles minerales, aceites minerales y productos de su destilación; materias bituminosas y ceras minerales. [En línea] [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: <<https://trade.nosis.com/es/Comex/Importacion-Exportacion/Colombia/combustibles-minerales-aceites-minerales-y-productos-de-su-destilacion-materias-bituminosas-ceras-mi/CO/27>>

CONACYT. Biofungicidas y biofertilizantes para control biológico de los cultivos, derivado de la cepa *Trichoderma Citrinoviride*. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.cibnor.gob.mx/servicios/oficina-de-transferencia-de-tecnologia/oferta-tecnologica-coordinacion-iii/listado/2308-biofungicidas-y-biofertilizantes-para-control-biologico-de-los-cultivos-derivado-de-la-cepa-trichoderma-citrinoviride>>

CONABIO. Método de evaluación rápida de invasividad para especies exóticas en México. [En línea] [Citado el 23 de junio de 2020] Disponible en: <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/07Fichas%20tecnicas_OK/02Fichas%20tecnicas/Fichas%20t%C3%A9cnicas%20CONABIO_especies%20ex%C3%B3ticas/Fichas%20plantas%20invasoras/M_P/Melaleuca%20quinquina.pdf>

CORPOICA COAGRO. Potencialidades de la Soya y usos en la alimentación humana y animal. [En línea] [Citado el 18 de junio de 2020] Disponible en <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1196/41591_41560.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

COSMOAGRO. Cosmo-Oil Emulsión mezclas Homogéneas. [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<https://cosmoagro.com/producto/cosmo-oil/>>

COUNTRY RANCH. Aceite de soya Team Foods 20 litros. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-554240800-aceite-soya-20-litros-aceite-soya-team-foods-colombia_JM#position=2&type=item&tracking_id=b9ce0376-bc6f-4037-a427-ef2ec290b5be>

CRUZ, Lina. Estandarización del proceso de producción másica del hongo *Trichoderma Th003* mediante fermentación bifásica a escala piloto. [En línea] [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: <<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis23.pdf>>

CVN. ¿Qué es el fob? Noticias comercio exterior. 2017. [En línea]. [Citado el 11 de agosto de 2020]. Disponible en: <<https://www.cvn.com.co/que-es-el-fob-valor-free-on-board/>>

DINERO.2019. Aterriza en Colombia gigante del mercado de aceites esenciales en el mundo. [En línea]. [Citado del 06 de julio de 2020] Disponible en:<<https://www.dinero.com/empresas/articulo/doterra-empresa-de-aceites-esenciales-llega-a-colombia/277928>>

FAO. Reunión regional sobre alternativas para la sustitución del uso de Bromuro de Metilo den la agricultura. División de producción y protección vegetal organización de las naciones unida para la alimentación y la agricultura. Caracas, Venezuela. 26 al 29 de mayo de 1998. Disponible en: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Methyl_Bromide/bromrepro.pdf>

DoTERRA COLOMBIA.Mentha piperita [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <https://www.doterra.com/CO/es_CO/p/peppermint-oil>

DoTERRA COLOMBIA. Orégano (*Origanum Vulgare*) presentación por 15 mL. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<https://media.doterra.com/co/es/pips/aceite-de-oregano-oil.pdf>>

DoTERRA COLOMBIA. Propiedades fúngicas del aceite esencial de orégano. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<https://soregano.com/propiedades-del-aceite/#1487356849932-598ef1f7-e38d>>

EL CAMPESINO. La horticultura, un conjunto de saberes para la producción de hortalizas. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <https://www.elcampesino.co/la-horticultura-un-conjunto-de-saberes-para-la-produccion-de-hortalizas/#:~:text=Seg%C3%BAAn%20el%20Censo%2>

ONacional%20Agropecuario,zanahoria%20las%20hortalizas%20m%C3%A1s%20cultivadas

EL DIARIO ESPAÑA. “Comprueban que el aceite esencial del orégano protege los cultivos de arroz”. [En línea] 2015, [Citado el 2 de julio de 2020] Disponible en: <https://www.eldiario.es/economia/Comprueban-esencial-oregano-protege-cultivos_0_364313790.html>

EMBRAPRA. Diversidad y uso potencial de los hongos del género Trichoderma para innovación tecnológica en la agricultura. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: http://www.inia.uy/Documentos/Privados/INIA%20LB/VI%20Taller%20AMCB/2_Biofungicida%20Trichoderma_SCorreaMello.pdf

ESSENCIALS. Aceite Esencial Naranja. [En línea]. [Citado del 06 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.essentials.co/aceites-esenciales/>>

FAO y OMS. Documento de debate sobre una propuesta para la enmienda de la noma del codex sobre aceites vegetales especificados para girasol. 2013. Comisión del codex alimentarius. Argentina. [En línea] [Citado el 13 de julio de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCFO/ccfo23/fo23_05s.pdf>

FELIX, Iván. Biofungicidas y sus mecanismos de acción en el manejo de enfermedades ocasionadas por hongos en los cultivos. [En línea] 2018, [Citado el 28 de junio de 2020] Disponible en: <<https://blogdefagro.com/2018/09/27/biofungicidas/>>

FEDEPALMA. Desempeño productivo del sector palmero colombiano. [En línea] [Citado el 6 de julio de 2020] Disponible en: <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/BET_junio_2019.pdf>.

FEDEPALMA. Evaluaciones agropecuarias municipales, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Secretaria de Agricultura. Umata. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.udi.edu.co/images/investigaciones/publicaciones/libros/porter/08/Libro-EvoluciondelSectorPalmicultor.pdf>>

FITOTREND. Política de calidad. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.fitotrend.org/sobre-fitotrend>>

FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRICOLA. Carta informativa trimestral de la dirección general. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <http://www.fhia.org.hn/downloads/fhia_informa/fhiainfdic2007.pdf>

FUNDACIÓN ESPAÑOLA DEL ACEITE DE PALMA. Los ácidos grasos más presentes en el aceite de palma son el palmítico y el oleico. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://aceitedepalmasostenible.es/los-acidos-grasos-mas-presentes-aceite-palma-palmitico-oleico/>>

FUNGIINSUMOS. Aceite mineral emulsionable. [En línea] Sitio Web [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-754659019-regalo-aceite-mineral-emulsionable-200-ml-control-de-male-_JM?quantity=1#position=2&type=item&tracking_id=4cc487f4-edd8-4da3-80f9-7be795c13978>

GARCÍA, Pedro; CABRERA, Samuel; SÁNCHEZ, Jimmy; y PÉREZ, Alberto. Evaluación de un biofungicida para el control de la mancha bandeada del maíz causada por *Rhizoctonia solani* Kühn en siembras comerciales en portuguesa, Venezuela. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5804/pdf/garciap.pdf>

GARCIA, Rosaima, DURÁN, María A; RIERA, Ramón. Producción de biomasa de *Trichoderma harzianum* por fermentación líquida. [En línea] Vol. 10, núm 4. Pp 295-298. [Citado el 11 de agosto de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2091/209116183008.pdf>>

GATO, Yohana. Métodos de conservación y formulación de *Trichoderma harzianum* Rifai. *Fitosanidad* [En línea]. 2010, vol.14, n.3 [Citado el 13 de julio de 2020], pp.189-195. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-30092010000300008&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1818-1686.

GOBIERNO DE MEXICO. Instituto potosino de investigación científica y tecnológica, A.C. Desarrollo de biofungicidas para el control activo de la economía agrícola. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.ipicyt.edu.mx/>>

GÓMEZ, Juan Martín. Universidad de los Andes, Agronegocios e industria de alimentos. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] 2015. Disponible en: <<https://agronegocios.uniandes.edu.co/2015/04/10/oregano-una-hierba-que-promete/#:~:text=Colombia%20se%20caracteriza%20por%20producir,y%20en%20el%20Eje%20Cafetero.>>

GUTIÉRREZ GALEANO, Diego Fernando; RUIZ MEDRANO, Roberto; XOCONOSTLE CÁZARES, Beatriz. Estado actual de los cultivos genéticamente modificados en México y su contexto internacional. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/Estado-actual-de-los-cultivos.pdf>>

HERNANDEZ Dulce, FERRERA Ronald, ALARCÓN Alejandro. *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. 2019. Chilean J. Agric. Agro-ciencia. [En línea] Vol. 35. [Citado el 12 de agosto de 2020.] Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902019000100098>

HURTADO, Eliana, y VILLA, Aida. 2017. Estudio De Mercado Aceite Esencial De Naranja En Colombia En El Período 2009-2014. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* Vol.10. No. 2. [En línea] [Citado el 6 de julio de 2020] Disponible en: <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/4653>

ICA. Estadísticas de importación y exportación de fertilizantes acondicionadores de suelos y bioinsumos. 2012. [En línea] [Citado el 09 de agosto de 2019] Disponible en: <<https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/fertilizantes-y-bio-insumos-agricolas/estadisticas/comercializacion-bioinsumos-y-coadyuvantes-2012-ut.aspx>>

ICA. Productos bioinsumos registrados – diciembre 2019. [En línea] [Citado el 10 de agosto de 2020]. Disponible en: <<https://www.ica.gov.co/getdoc/2ad9e987-8f69-4358-b8a9-e6ee6dcc8132/productos-bioinsumos-mayo-13-de-2008.aspx>>

INDEXMUNDI. Aceite de girasol precio mensual [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-girasol&meses=12>>

INDEXMUNDI. Aceite de palma precio mensual. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-palma&meses=12&moneda=cop>>

INDEXMUNDI. Aceite de soya precio mensual. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-soja&meses=12&moneda=cop>>

INDUSTRIALIZADORA OLEOFINOS. Especificación técnica del Aceite de Soya. [En línea] [Citado el 18 de junio de 2020] Disponible en: <<https://oleofinos.com.mx/fichas/aceite%20de%20soya.pdf>>

INFANTE, Danay. MARTÍNEZ, Benedicto. SÁNCHEZ, Yaíma. PINO, Oriela. Efecto de aceites esenciales sobre cuatro cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels. *Protección vegetal*. [En línea] 2013. Vol. 28 No. 2. [Citado el 23 de junio de 2020] pp. 153-157. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n2/rpv10213.pdf>

INFOAGRO. El bromuro de Metilo y sus alternativas. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <https://www.infoagro.com/abonos/bromuro_de_metilo.htm>

INGAGRICOLA. Aceite mineral Agrícola Syngenta. [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<http://www.ingagricola.com/wp-content/uploads/2017/01/ACEITE-MINERAL-SYNGENTA-1.pdf>>

INSITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Colombia incrementara la exportación de arándanos frescos bajo tratamiento en frio a USA. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.ica.gov.co/noticias/ica-verifica-exportacion-arandanos-eeuu>>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C. El instituto, 2018 ISBN 9789588585673 153 p.

INTAGRI. [Sitio web] Trichoderma Control de Hongos Fitopatógenos. [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/trichoderma-control-de-hongos-fitopatogenos>>

INTEREMPRESAS, Huella ambiental del cultivo de la fresa. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/230272-Huella-ambiental-del-cultivo-de-la-fresa.html>>

INGAGRICOLA. Aceite mineral Agrícola Syngenta. [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<http://www.ingagricola.com/wp-content/uploads/2017/01/ACEITE-MINERAL-SYNGENTA-1.pdf>>

KRAUTER TEC. Aceites esenciales. [En línea] [Citado el 08 de agosto de 2020]. Disponible en <<http://www.krauteraceitesesenciales.com/>>

LASPRILLA, Diego. Estado actual de fruticultura colombiana y perspectivas para su desarrollo. [En línea] 2011, vol.33, [Citado el 15 de junio de 2020] pp.199-205. Disponible en: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452011000500023&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0100-2945.

LA REPÚBLICA. Las fresas colombianas se imponen en los diferentes mercados internacionales. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.agronegocios.co/agricultura/fresa-colombiana-se-impone-en-otros-mercados-2621168>>

LEÓN, Cynthia. Determinación de la acción antifúngica de los aceites esenciales de pimienta negra (*piper nigrum*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y orégano (*Origanum vulgare*) sobre hongos postcosecha en ají paprika (*Capsicum annum L.*) [En línea] 2017, pp. 1-72. [Citado el 2 de julio de 2020]. Disponible en:

<http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/1000/Leon_c.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LOPEZ, Joaquín. La producción colombiana de aceite de palma podría crecer 5% este año. [En línea] 2019 [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.agronegocios.co/aprenda/la-produccion-colombiana-de-aceite-de-palma-podria-crecer-5-este-ano-2859652>>

LOZANO. Aceite esencial de naranja *Citrus sinensis*. [En línea] [Citado el 02 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.esenciaslozano.com/producto/18/esencia-de-naranja-aceite-esencial-de-naranja-citrus-sinensis>>

MARÍN, Darío. Crecimiento de plantas de maíz (*Zea mays*) en un suelo contaminado con petróleo y remediado con extracto de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*). *Enfoque UTE* [En línea]. 2016, vol.7, n.3 [citado el 03 de julio de 2020], pp.1-13. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000300001&lng=es&nrm=iso>.

MARTORELL, Miquel. Acción de alimentos funcionales ricos en ácidos grasos esenciales sobre el estrés oxidativo. 2013. Universitat de les illes balears. Departament de biología fonamental i ciències de la salut. [En línea]. Pp. 34-35. [Citado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <<https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/128937/Tmmp1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

MILLACAR. Nimbus Coadyuvante adherente. [En línea] Sitio Web [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en <<http://www.millacar.com/fichas/etiquetas/NIMBUS.pdf>>

MINAGRICULTURA, Ministerio de Agricultura Inaugura Invernadero de Alta Tecnología en Antioquia [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Noticia196.aspx>>

MONTOYA, Gildardo. Aceites Esenciales una alternativa de diversificación para el eje cafetero. [En línea] [Citado el 2 de julio de 2020] Disponible en: <<http://www.bdigital.unal.edu.co/50956/7/9588280264.pdf>>

MUÑOZ, José. ALFARO, Carmen y ZAPATA, Isabel. Avances en la formulación de emulsiones. 2007. Grasas y aceites. [En línea]. Vol. 58. Pp. 3. [Citado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <<http://alimentos.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/57/2016/03/Emulsionantes.pdf>>

MUJICA, Carolina; TORRES, Elkin Darío; VARGAS, Maritza. Evolución del sector palmicultor. Universitaria de investigación y desarrollo UDI. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.udi.edu.co/images/investigaciones/publicaciones/libros/porter/08/Libro-EvoluciondelSectorPalmicultor.pdf>>

ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS (OAS). Industrialización de la soya. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea60s/ch19.htm#2.3%20mercado%20internacional%20y%20de%20la%20regi%C3%B3n%20andina%20de%20harina%20y%20aceite%20de%20soy>>

ORON, Ignacio; SALVADOR, Areli Jazmín; ESPINOZA, José; VÁZQUEZ, Cirilo. Recolección y comercialización del orégano (*Lippia spp*) en el semi-desierto mexicano, un caso de estudio: reserva ecológica municipal sierra y cañón de Jimulco, México. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/jatsRepo/141/14153918003/html/index.html>>

PANIZO, María Mercedes; REVIÁKINA, Vera; MONTES, William; GONZÁLEZ, Gladys. Mantenimiento y preservación de hongos en agua destilada y aceite mineral. [En línea] 2005, vol. 25. [Citado el 28 de junio de 2020] Disponible en <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_artt&pid=S1315-25562005000100007>

PERIÓDICO LA REPUBLICA. En Colombia hay esfuerzos para promover la producción de soya. [En línea] 2015 [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.agronegocios.co/agricultura/hay-esfuerzos-para-promover-la-soya-2621739#:~:text=de%202015%20GUARDAR,Colombia%20es%20el%20pa%C3%ADs%20n%C3%BAmero%20tres%20o%20cuatro%20en%20importaciones,1%20C5%20millones%20de%20toneladas.&text=Colombia%20import%C3%B3%20este%20a%C3%B1o%20530.000,toneladas%20de%20aceite%20de%20soya>>

PHYTOMA. Biofungicidas y control biológico de hongos fitopatógenos: aplicación en la filofera. Ed. 182, octubre de 2006. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/182-octubre-2006/biofungicidas-y-control-biolgico-de-hongos-fitopatgenos-aplicacin-en-la-filosfera>>

PINEDA, Julio., BENAVIDES, Edmundo., DUARTE, Astrid., BURGOS, Cristian., SOTO, Claudia., PINEDA, Camilo., FIERRO, Fernando., MORA, Elsa, y ÁLVAREZ, Sandra. Producción de biopreparados de *Trichoderma spp*: una revisión. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894008.pdf>>

PROCHILE COLOMBIA. El mercado de bioinsumos en Colombia. 2018. [En línea]. [Citado el 09 de agosto de 2020] Disponible en: <https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/fms_control_biologico_colombia.pdf>

PURO Y ORGÁNICO. Aceites esenciales. [En línea] [Citado el 6 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.puroyorganico.com.co/>>

QBCo. [En línea] [Citado el 10 de julio de 2020] Disponible en: <<https://qbco.com.co/productos/aceites/>>

ROJAS, Fabiola. Cepas: Material de referencia, manejo y aplicaciones en el área de microbiología. Instituto de salud pública. Gobierno de Chile. [En línea]. Pp. 16. [Citado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <<https://www.metrologia.cl/medios/Cepas.pdf>>

ROJAS, Cesar. Microbiología general. [En línea]. Pp. 1. [Citado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/crl/Microbiologia/16P/TEMA_4.pdf>

REVISTA DINERO, Luz verde a una economía eficiente. Especial 5/2/2019. Disponible en: <<https://www.dinero.com/edicion-impresa/especial-comercial/articulo/luz-verde-a-una-economia-eficiente/270319#:~:text=En%20Colombia%2C%20la%20Misi%C3%B3n%20de,desigualdad%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20paz>>

ROMERO, Omar. Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. Revista Colombiana de Biotecnología, [En línea] [Citado el 16 de junio de 2020] v. 11, n. 2, p. 143-151, jul. 2009. ISSN 1909-8758. Disponible en: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/11759/38368>>

ROMERO ARENAS, Omar et al. Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. Revista Colombiana de Biotecnología, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 143-151, jul. 2009. ISSN 1909-8758. Disponible en: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/11759/38368>>. Fecha de acceso: 16 jun. 2020

SAGARPA. 2013. Comunicado de prensa. Crea INIFAP nueva tecnología para la producción de orégano resistente a fenómenos climáticos. México, D.F. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en <<http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2013B033.aspx#>>. Consultado el 05 Marzo 2015>

SEITA. Producción del aceite de soya. [En línea] [Citado el 13 de julio de 2020] Disponible en: <[SIANNAH, Diego; TORRES BRIZUELA, Lilian; MARTÍNEZ MANRIQUE, Clara Esther; RODRÍGUEZ RICO, Iván Leandro; LOBAINA LOBAINA, Esli. Caracterización del producto de la fermentación sólida de *Trichoderma Rifai* \(A-34\) sobre bagazo de caña. \[En línea\] \[Citado el 11 de agosto de 2020\] Disponible en: <<http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v37n3/rtq05317.pdf>>](https://www.seita.com.co/aplicaciones/alimentos-y-bebidas/aceite-de-soya/#:~:text=Aceite%20de%20Soya-,Aceite%20de%20Soya,t%C3%ADpicamente%20un%2019%20%25%20de%20ac eite.&text=La%20etapa%20de%20refinaci%C3%B3n%20est%C3%A1,la%20neutr alizaci%C3%B3n%20o%20refinaci%C3%B3n%20ca%C3%BAstica.></p></div><div data-bbox=)

SILVA, Bernardo; JARAMILLO, Sonia y MARIN, Mauricio. Caracterización genética de aislamientos de *Phytophthora infestans* en las zonas productoras de papa de los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca y Norte de Santander (Colombia). Actualidades biológicas. [En línea]. 2009, vol.31, n.90 [Citado el 02 de julio de 2020], pp.5-20. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-35842009000100001&lng=en&nrm=iso>

S.N. Aceites y grasas. Aceite de girasol. [En línea] [Citado el 13 de julio de 2020] Disponible en: <http://formacion.intef.es/pluginfile.php/213199/mod_imsccp/content/16/59-aceitegirasol.pdf >

SORÉGANO. Antecedentes. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<https://soregano.com/antecedentes/>>

SORÉGANO. Productos recomendados. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <https://soregano.mercadoshops.com.mx/?fbclid=IwAR0HdAUVwYcWiTeOCTPOK S-_yJ7Q-PufRx44QVmqZAU2oWiCy0b3ArEKBU>

SORÉGANO. Propiedades antifúngicas del aceite esencial de orégano. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<https://soregano.com/propiedades-del-aceite/>>

STECIOW, Monica. Rizósfera. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Rizosfera.htm>>

SUBDEPTO. Gestión de Información ProChile en base a cifras de MOL. [En línea] [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en: <<https://agronegocios.uniandes.edu.co/2015/04/10/oregano-una-hierba-que->

promete/#:-:text=Colombia%20se%20caracteriza%20por%20producir,y%20en%20el%20Eje%20Cafetero.>

SYNGENTA. Nimbus coadyuvante. Concentrado emulsionable [En línea] Sitio Web [Citado el 5 de julio de 2020] Disponible en <<https://www.syngenta.com.ar/sites/g/files/zhg331/f/nimbus.pdf?token=1486946193>>

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA. Biofungicida. [En línea] [Citado el 15 de junio de 2020] Disponible en: <<http://innovacion.ufro.cl/index.php/tecnologias-ufro/agricultura/biofungicida-utt>>

UNIVERSIDAD EIA. Catálogo virtual de flora del valle de Aburra. [En línea] 2014. [Citado el 02 de julio de 2020] Disponible en: <<https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/94>>

ZUDAIRE, Maite. 11 de abril de 2009. El aceite de girasol. Eroski Consume. [En línea] [Citado el 13 de julio de 2020] Disponible en: <<https://www.consumer.es/alimentacion/el-aceite-de-girasol.html>>